

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

STUDIE TYPOVÝCH ŘAD TANDEMŮVÝCH

MODEL RANGES ANALYSIS OF TANDEM VIBRATORY ROLLERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MILAN ŘEZNÍČEK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KAŠPÁREK, Ph.D.

BRNO 2009

ANOTACE:

Při studii typových řad tandemových válců budeme sledovat technické, konstrukční a provozní parametry od tuzemských a zahraničních výrobců, celkový přehled aktuálního stavu tandemových a kombinovaných válců. Součástí práce je i kritický rozbor jednotlivých konstrukčních řešení s ohledem na využití stroje.

Klíčová slova:

Tandemové válce, kombinované válce, přehled současné nabídky, technické a provozní parametry, kritický rozbor, konstrukční řešení.

ANNOTATION:

Analysing model ranges tandem rollers we shall investigate the technical, constructional and functional parameters of national and foreign producers, an overall view of the actual sort of tandem and combi rollers. Part of this work is a critical analysis of individual constructional solution considering usage of machines.

Key words:

Tandem rollers, Combi rolls, view of current offer, technical and functional parameters, critical analysis, constructional solution.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně a je mým původním dílem. Při zpracovávání bakalářské práce byl mým vedoucím a poradcem pan Ing. Jaroslav Kašpárek. Ph.D. K tvorbě této práce bylo použito literatury, která je uvedena v seznamu.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za podporu, cenné rady a podnětné připomínky, které byly využity při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům firmy AMMANN za podání velkého množství informací.

Obsah:

1.	ÚVOD	6
2.	ZÁKLADNÍ PARAMETRY ZHUTNĚNÍ.....	6
2.1.	Účinek vibrací.....	6
2.2.	Zhutňované materiály.....	6
2.3.	Měření míry zhutnění	8
2.4.	Působení válců na podloží	9
3.	POPIS VÁLCŮ.....	10
3.1.	Základní konstrukce tandemového válce	11
3.2.	Popis vibrací.....	12
4.	ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE TANDEMOVÝCH VÁLCŮ.....	14
4.1.	Základní rozdělení válců	14
4.2.	Konstrukce rámu vibračních válců.....	15
4.3.	Porovnání ovládání stroje s kloubovou a páteřovou konstrukcí.....	17
4.4.	Kombinované válce.....	18
4.5.	Konstrukce běhounů.....	18
4.6.	Konstrukce vibrací	23
4.7.	Metody přímého měření zhutnění	25
4.8.	Provedení řízení vibrací u jednotlivých firem	25
4.9.	Parametry hutnění.....	29
4.10.	Konstrukce pohonů	31
4.11.	Další řešení	36
4.12.	Konstrukce pracoviště.....	37
5.	Seznam výrobců tandemových válců	39
5.1.	Ammann	39
5.2.	Bomag	40
5.3.	Caterpillar	40
5.4.	Dynapac	40
5.5.	JCB.....	41
5.6.	Hamm.....	41
5.7.	Volvo	41
6.	Závěr.....	42

1. ÚVOD

Vibrační válce patří k nejúčinnějším a nejrozšířenějším strojům pro zhutňování. Jejich zastaralé předchůdci jsou statické válce, které působí pouze statickým zatížením na hutněný povrch. Aby výsledky statického válce byly srovnatelné s vibračním, musel by mít daleko větší hmotnost. S vyšší hmotností rostou náklady na výrobu i na následný provoz. Vibrační válce patří do skupiny strojů s dynamickými účinky, neboť kromě statického působení vyvolané hmotností stroje je zde vibrační účinek. V současnosti je na trhu široká nabídka tandemových vibračních válců, které nabízí řada firem s dlouholetou tradicí výroby stavebních strojů. Pro velkou konkurenci se snaží výrobci zdokonalovat své výrobky tak, aby dosahovaly vysokou výkonnost, kvalitu a spolehlivost při snížení nákladů. Důležitým ukazatelem výrobců je snaha dodržet plnění ekologických požadavků moderní společnosti. Jako je ekologická nezávadnost, využití ekologických motorů s nižší hlučností, spotřebou a emisemi.

2. ZÁKLADNÍ PARAMETRY ZHUTNĚNÍ

Zhutňování je technologický proces, při němž umělým způsobem zvyšujeme objemovou hmotnost zeminy působením statického nebo dynamického zatížení. Cílem zhutňování je dosažení v zemině takové objemové hmotnosti, aby nepodléhala dalšímu sedání. Další vliv zhutnění je zvýšení nepropustnosti a zlepšení mechanických vlastností zeminy, jako pevnost ve smyku, zmenšení tření mezi jednotlivými zrny materiálu apod. Ke zhutnění je třeba překonávat kohezi, vnitřní tření v zemině, tlak stlačených plynů v dutinách a vliv nepropustnosti materiálu. Nepropustnost brání plynům a kapalinám vytlačení na povrch.

Při stlačení nastávají dvě deformace:

a) Pružná deformace

- po ukončení působení síly se zhutněná zemina vrací do původní polohy, kterou měla před stlačením [1]

b) Plastická deformace

- nastává, pokud částice zhutňovaného materiálu zůstanou ve stlačené poloze po ukončení působícího zatížení [1]

2.1. Účinek vibrací

Účinek vibrací je velmi podstatný. A spočívá v rychlých rázech, které vyvolávají pod běhounem rozkmitání částic materiálu a to do značné hloubky. Pomocí rozdílu kmitů sousedních částic dojde k přerušování vnitřního tření mezi částicemi a následného přeskládání materiálu. Nové uskupení materiálu zaujímá menší objem a dochází k vytlačení vzduchu nebo kapaliny na povrch obsažených mezi částicemi materiálu.

2.2. Zhutňované materiály

Tandemovými válci lze hutnit zeminy, štěrky i nesoudržné zeminy, živičné a asfaltové povrchy. Pro zeminy a štěrky jsou produktivnější a účinnější tahačové válce, zato tandemové pro živičné a asfaltové povrchy. To je způsobeno rozdílnými amplitudami a frekvencemi vibrací. Pro zeminy a štěrky se používá větší amplituda a menších frekvencí, u asfaltových a živičných povrchů naopak.

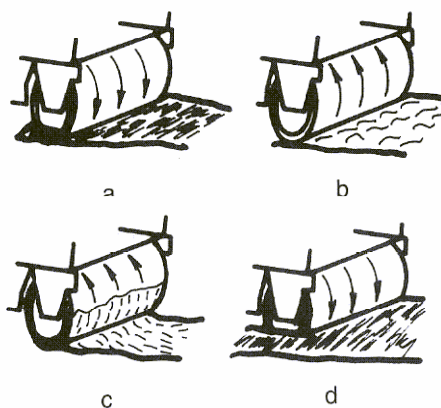
Zhutňování asfaltových a živičných povrchů

Zhutňování těchto materiálů je daleko složitější než u zemin, a to zejména přípravou materiálu, technologických postupů. Pro správně provedený proces je nutné vybrat vhodný stroj a jeho správné nastavení, které se liší pro každou vrstvu a druh materiálu.

Při pokládání asfaltové vrstvy se nejdříve rozprostře asfaltová směs pomocí finišeru, tento stroj položenou směs předzhutní. Následující operací je předzhutnění směsi, pro které se používá různých strojů, buď statické hutnění, pneumatikovými válci, nebo vibračním tandemovým válcem s velkou amplitudou a malou frekvencí vibrací. Po předzhutnění nastává hlavní proces hutnění, pro který se využívají pneumatikové, vibrační nebo kombinované válce. Konečnou operací je dohutnění a uzavření povrchu pomocí statického nebo pneumatikového válce. První položená vrstva má teplotu 110-160°C, všechny následující operace musí proběhnout, dokud teplota neklesne na hodnotu 60-70°C, při poklesu pod tuto teplotu stoupá viskozita pojiva a účinek zhutnění. [1]

Poruchy při pokládání asfaltu

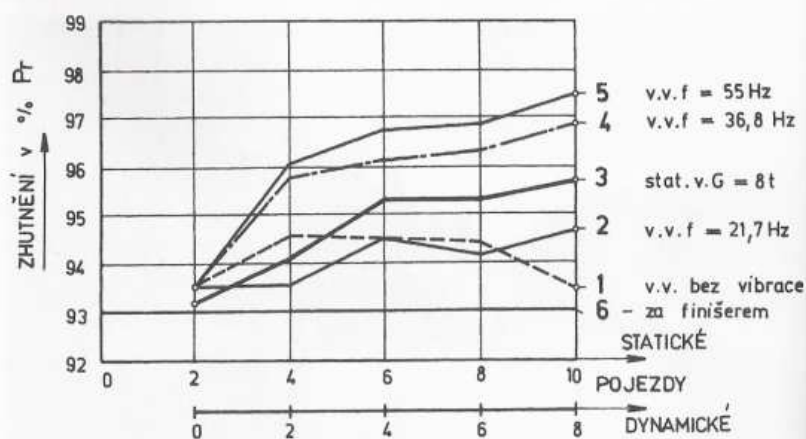
- a) vymačkávání materiálové vlny vedle běhounu
- b) tvorba příčných trhlin
- c) lepení směsi na běhoun
- d) boření běhounu do povrchu



Obr1: Znázornění poruch při válcování asfaltových směsí. [1]

Tyto znázorněné poruchy vznikají, pokud je teplota asfaltu příliš vysoká. K jejich odstranění stačí posečkat na pokles teploty. Ke snížení rizika nalepování asfaltové směsi na běhoun se provádí ostřikem válce pomocí trysek rovnoměrně rozložených po celé šíři válce.

Dalším nežádoucím efektem mohou být vzniklé vlny na povrchu, ty jsou důsledkem tzv. vibroúderu, neboli nežádoucím zvětšením amplitudy způsobené odskakováním běhounu od zhutněného podloží pod hutněnou vrstvou. Toto se řeší snížením amplitudy a zvýšením frekvence.



Obr. 10.6.29. Vliv frekvence běhounu na zhutnitelnost živých směsí.

Graf1: Vliv frekvence běhounu na zhutnitelnost živých směsí. [1]

Graf znázorňuje vliv zvolené frekvence na zhutnitelnost povrchu, ten je pro tento případ tvořen 50mm tloušťkou asfaltobetonu. K porovnání účinků byly použity statický tandemový válec o hmotnosti 8t a vibrační tandemový válec o hmotnosti 4,3t. Na vodorovné ose pak nalezneme počet pojezdů a na procento zhutnění, získané pomocí Proctorovy zkoušky. V grafu nalezneme 6 křivek:

- křivka 6 – zhutnění položené vrstvy za finišerem
- křivka 3 – dosažení zhutnění pomocí statického válce (8t)
- křivka 1 – zhutnění vibračním válcem s vypnutou vibrací (4,3t)
- křivka 2 – zhutnění vibračním válcem $f = 21,7\text{ Hz}$
- křivka 4 – zhutnění vibračním válcem $f = 36,8\text{ Hz}$
- křivka 5 – zhutnění vibračním válcem $f = 55\text{ Hz}$

Z grafů je patrné, že vibrační válce dosahují vyšší účinnosti i za předpokladu použití strojů o menších hmotnostech. Rovněž z grafu vyplývá, že účinek roste se zvyšující se frekvencí. Optimální účinnost frekvencí je v rozmezí 33-55Hz. Velikost použité frekvence je závislá na rychlosti pracovního pojezdu, ten se pohybuje v rozmezí 4 – 10 km/h a hutněné vrstvě materiálu. [1]

2.3. Měření míry zhutnění

Pro změření přesného účinku zhutnění slouží laboratorní zkoušky, kde je nutné určit parametry materiálu, jako je jeho složení, zrnitost, vlhkost apod. Pro vyjádření míry zhutnitelnosti se využívá změna objemové hmotnosti. Pro určení výsledku se využívá Proctorova zkouška, anebo její modifikace.

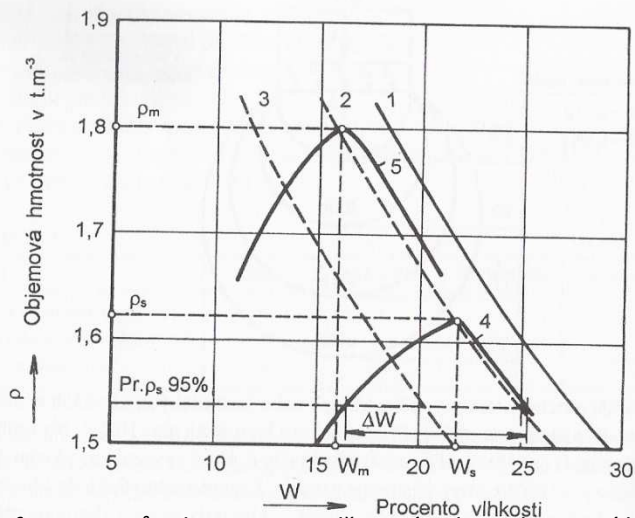
Standardní Proctorova zkouška

Využívá objemu 934 cm³ materiálu, který je rozdělen na tři stejné části. Tyto části se postupně nasypou do zkušební válečky, přičemž je každá část 25x zhutněna pomocí 2,5kg vážícího beranu padajícího z výšky 305mm.

Modifikovaná Proctorova zkouška

Díky této modifikaci zkouška dosahuje vyššího stupně zhutnění. To bylo docíleno zvětšením celého zařízení. Stejný objem materiálu je rozdělen do pěti stejných vrstev, beran váží 4,54 kg a padá z výšky 457mm. Této zkoušce se využívá hlavně pro měření zhutnění asfaltových směsí.

Výsledkem těchto zkoušek je procentuální vyjádření, kde 100% znamená, že vzorek po zhutnění neobsahuje žádný vzduch, pouze vodu a pevné částice. Tento vzorek je maximálně zhutněn. Velkost tohoto zhutnění je závislé na vlhkosti. Optimální vlhkost se určuje pomocí vysušení zhutněných vzorků s různou počáteční vlhkostí, Vzorek, který po vysušení bude mít největší hmotnost je nejvíce zhutněn a jeho počáteční vlhkost je označena jako optimální.



Křivka 1 – 0% pórů vyplněných vzduchem -nasycená křivka
křivka 2 – 5% pórů vyplněných vzduchem
křivka 3 – 12% pórů vyplněných vzduchem
křivka 4 – standardní Proctorova zkouška
křivka 5 – modifikovaná Proctorova zkouška

Graf2: Proctorův diagram vyjadřuje závislost objemové hmotnosti na vlhkosti materiálu. [1]

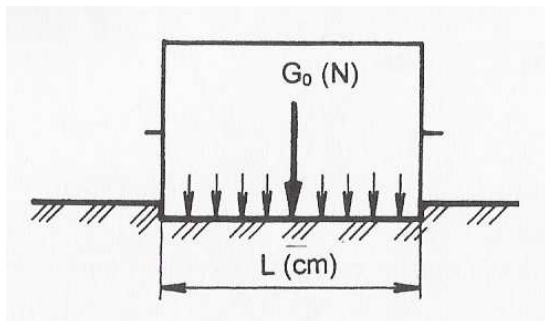
Z grafu je patrné, že optimální vlhkost hutněného materiálu je přibližně 5%. Samozřejmě tato hodnota je závislá na druhu materiálu, kde se může nepatrně lišit. [1]

2.4. Působení válců na podloží

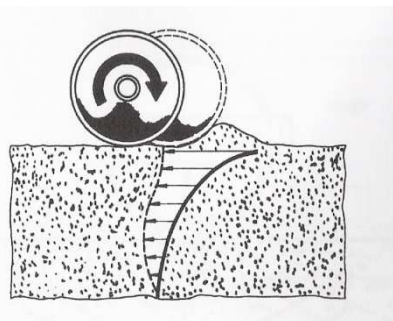
a) Běhoun

Běhoun působí na podklad staticky nebo dynamicky pomocí vibrací. Statické zatížení je dáno hmotností stroje, to vyvolává sílu G_0 (N) působící na ploše dané šířkou běhounu L (cm) a šířce působící oblasti, která je proměnná s tvrdostí podkladu, neboť závisí na zaboření běhounu. Protože je šířka oblasti nepodstatných rozměrů, zanedbává se a statické působení se uvažuje jako lineární, tedy G_0/L (N/cm) obr2.

Další působení běhounu je pomocí pojezdu. Pojezd způsobuje silové působení rovnoběžné s povrchem. Díky tomu se zamezuje hrnutí materiálu před běhounem obr3.



Obr2: Osové zatížení běhounu. [1]

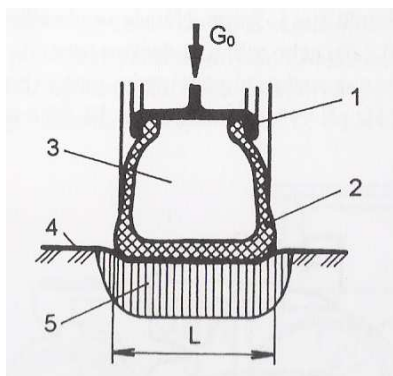


Obr3: Působení pohonu běhounu.[1]

Kromě působení statickou silou a pohonem, působí na podloží běhoun vibrací. Toto působení je nejúčinnějším členem celkového silového efektu, neboť působí velkou silou do značných hloubek. Síla vyvolaná vibrací je určována hmotností běhounu a jeho zrychlením. Síla se periodicky opakuje, tato frekvence je další důležitý parametr ovlivňující kvalitu zhutnění. [1]

b) Pneumatika

Pneumatika působí na podloží vertikální souosou silou a horizontální vzniklou pojezdem pneumatiky. Dále díky své pružné konstrukci je pneumatika deformována vertikální síla přenášena na větší plochu. To způsobuje proces tzv. hnětení způsobující zvětšení sil působících rovnoběžně s povrchem. To je vhodné zejména při dokončovacích operacích, kde se na povrchu materiálu lépe uzavře se povrch před vlivem působení vody či jiných vlivů. [1]

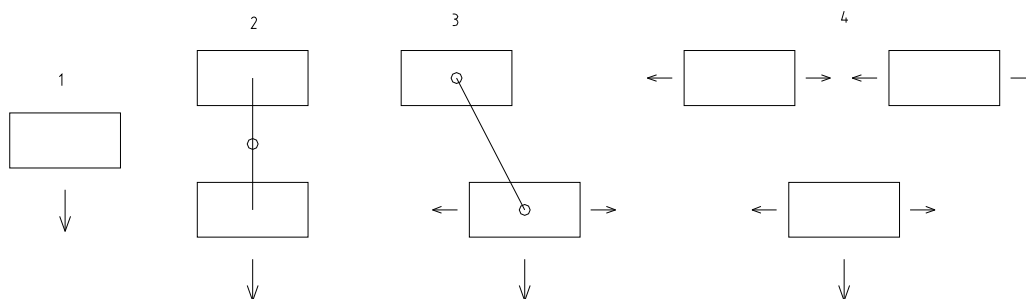


- 1 – disk pneumatiky
- 2 – pneumatika
- 3 – tlakový vzduch nebo pružná masa
- 4 – zhutňovaný podklad
- 5 – zobrazení napětí vyvolané v podkladu

Obr4: Působení pneumatiky na podklad. [1]

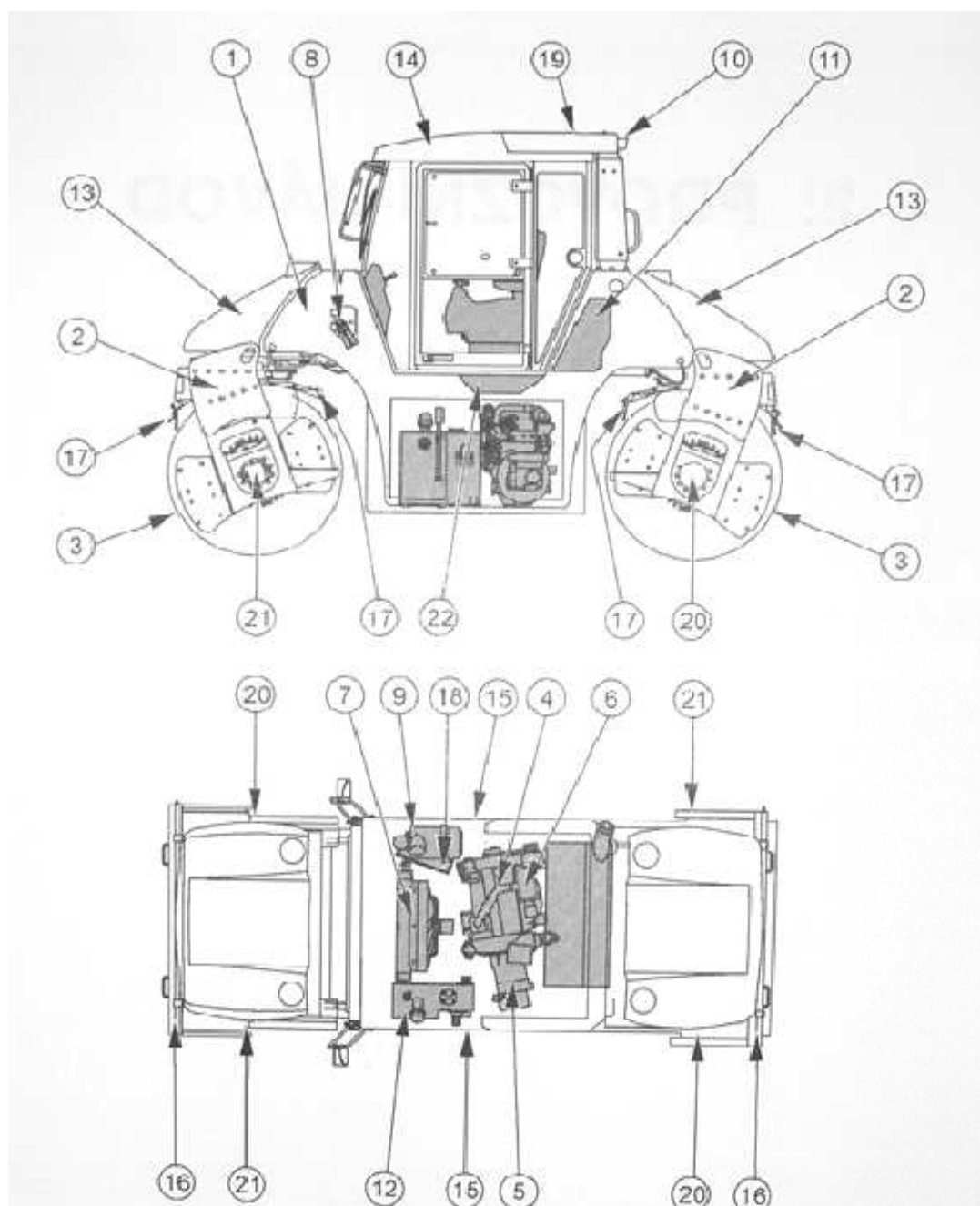
3. POPIS VÁLCŮ

Pro hutnění se používají různé uspořádání hutnicích běhounů. Nejjednodušší jsou tahačové válce (1), které využívají pouze jednoho poháněného válce a hnané nápravy. Při použití dvou válců, dostáváme tzv. tandemové válce kloubové (2), nebo páteřové (3) konstrukce. Oba běhouny jsou poháněné. V praxi se používá maximálně tři válce. Přední náprava je tvořena jedním válcem, další dva souosé uložené válce tvoří zadní nápravu. Válce jsou výsuvné do stran a tím je možno uzpůsobit pracovní šířku stroje (4). [1]



Obr5: Schematické znázornění uspořádání běhounů u velkých válců.[1]

3.1. Základní konstrukce tandemového válce



Obr6: Popis hlavních prvků vibračního tandemového válce s páteřovým rámem firmy Ammann (7t). [2]

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1) Rám | 12) Nádrž hydraulického oleje |
| 2) Třmeny přední/ zadní | 13) Nádrž vody pro ostřik běhounů |
| 3) Běhouny přední/zadní | 14) Kabina |
| 4) Motor | 15) Kryt motoru |
| 5) Tandemový hydrogenerátor pojezdu a vibrace | 16) Trysky ostřiku běhounu |
| 6) Hydrogenerátor servořízení | 17) Škrabák běhounu |
| 7) Chladič motoru a hydraulického oleje | 18) Akumulátor |
| 8) Vyrovnávací nádržka chladicí kapaliny | 19) Ochranný rám ROPS |
| 9) Filtr sání vzduchu motoru | 20) Hydromotor pojezdu |
| 10) Výfuk | 21) Hydromotor vibrace |
| 11) Nádrž paliva | 22) Topení |

3.2. Popis vibrací

Pomocí vibrací docílujeme zlepšení hutnického procesu, rozlišujeme několik druhů vibrací. Každý druh má svoje přednosti i nedostatky.

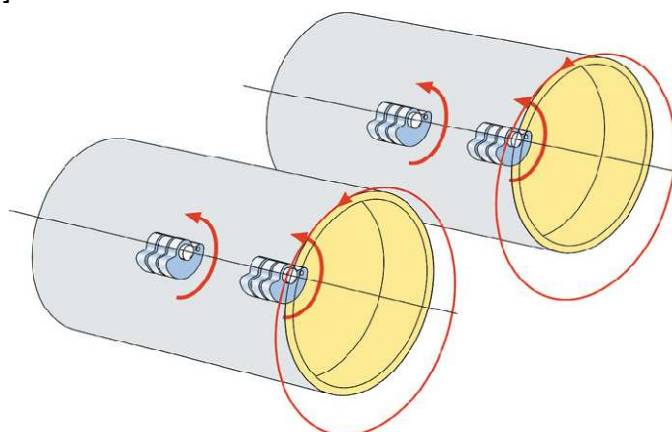
a) Tradiční vibrace

Vibrace se generuje pomocí jednoho, nebo více rotujících excentrických závaží na jednom hřídeli. Tento hřídel je veden v ose běhounu. Změnou natočením excentrických závaží vůči sobě lze generovat různé amplitudy. Tímto systémem se vytvářejí kruhové vibrace.

Výhody systému: Jedná se o účinnou konstrukci o velmi jednoduché konstrukci.

Docílujeme homogenního zhutnění do velké hloubky, využívá se pro všechny materiály.

Nevýhody systému: Vibrace se přenáší do země, tudíž se tato vibrace nemůže použít na konstrukcích. [5]



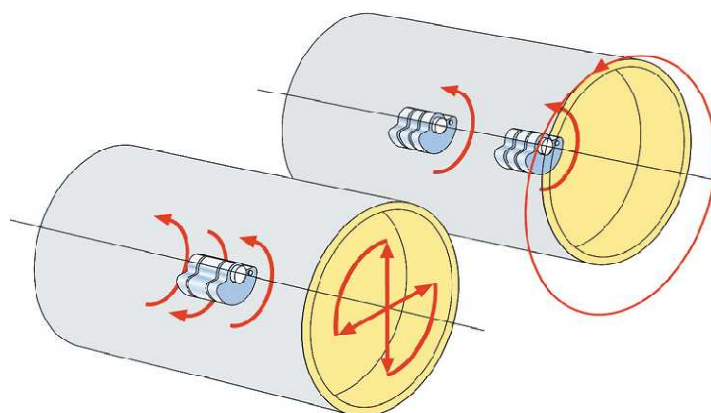
Obr7: Schéma kruhové vibrace. [5]

b) Řízená vibrace

Řízené vibrace docílujeme pomocí dvou proti sobě rotujících excentrických závaží. Závaží se jako v předchozím případě otáčejí v jedné ose společné i s osou běhounu. Tímto lze vytvořit směrovou vibraci s pevnou amplitudou. Tento systém lze nastavit a měnit plynule amplitudu. Pokud protirotující závaží roztočíme stejným směrem, docílíme vytvoření kruhové vibrace.

Výhody systému: Systém díky směrové vibraci a pevné amplitudě dosahuje lepší účinnosti, než kruhová vibrace.

Nevýhody systému: Větší přenos vibrací do okolí, než u kruhové vibrace. Nepatrně se zvyšuje opotřebení stroje. [5]



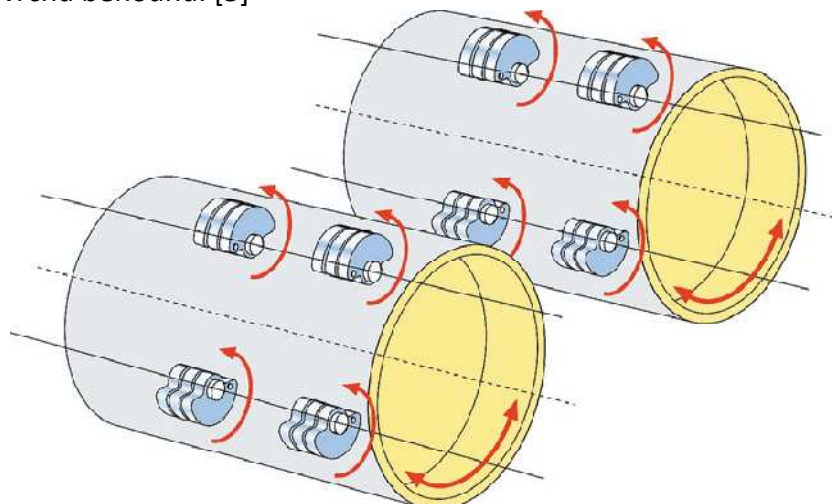
Obr8: Schéma řízené a kruhové vibrace. [5]

c) Oscilace

Systém pro oscilaci je složitější. Lze ho popsat pomocí dvou proti sobě rotujících excentrických závaží, která jsou uložena nesouose v běhounu. Závaží se setkávají v horizontálních polohách, což způsobuje horizontální kmitání. Síla od tohoto kmitání působí vodorovně s povrchem, nepůsobí do takové hloubky jako kruhové vibrace. Výhodou horizontálního kmitání je prohnětení povrchové vrstvy materiálu. To uzavře povrch před vlivem působení vody, obdobný účinek mají pneumatikou válce. Oscilační vibrace byly uvedeny do praxe roku 1992 firmami Bomag a Hamm.

Výhody systému: Použitelnost při hutnění povrchů konstrukcí, vysoká kvalita povrchu.

Nevýhody systému: Nižší hloubka zhutnění, konstrukčně složitý systém vibrace. Vyšší opotřebení povrchu běhounu. [5]



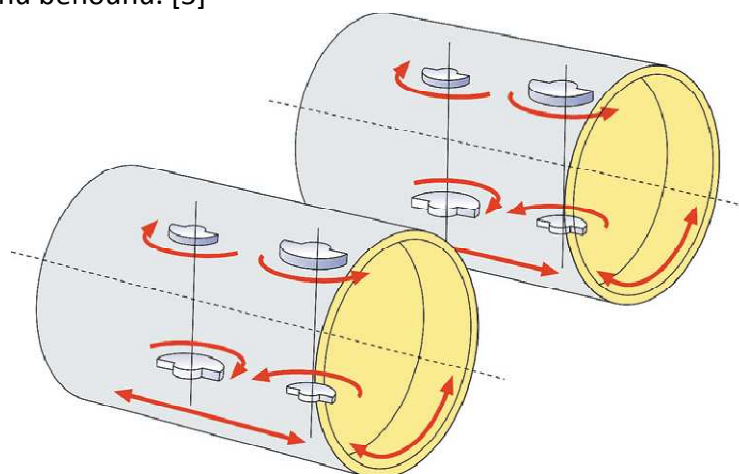
Obr9: Schéma oscilačního vibrace. [5]

d) Nutace

Nutace způsobuje kmitavý pohyb v ose běhounu. Je způsobena čtyřmi excentrickými závažími rotujícími proti sobě, závaží jsou uloženy kolmo na osu rotace běhounu a vytvářejí horizontální pohyb v příčném směru válcování. V praxi se nevyskytuje.

Výhody systému: Jedná se o obdobu oscilace se stejnými výhodami kvalita povrchu, použití na mostových konstrukcích atd.

Nevýhody systému: Nižší hloubka zhutnění, konstrukčně složitý systém vibrace. Vyšší opotřebení povrchu běhounu. [5]



Obr10: Schéma nutace. [5]

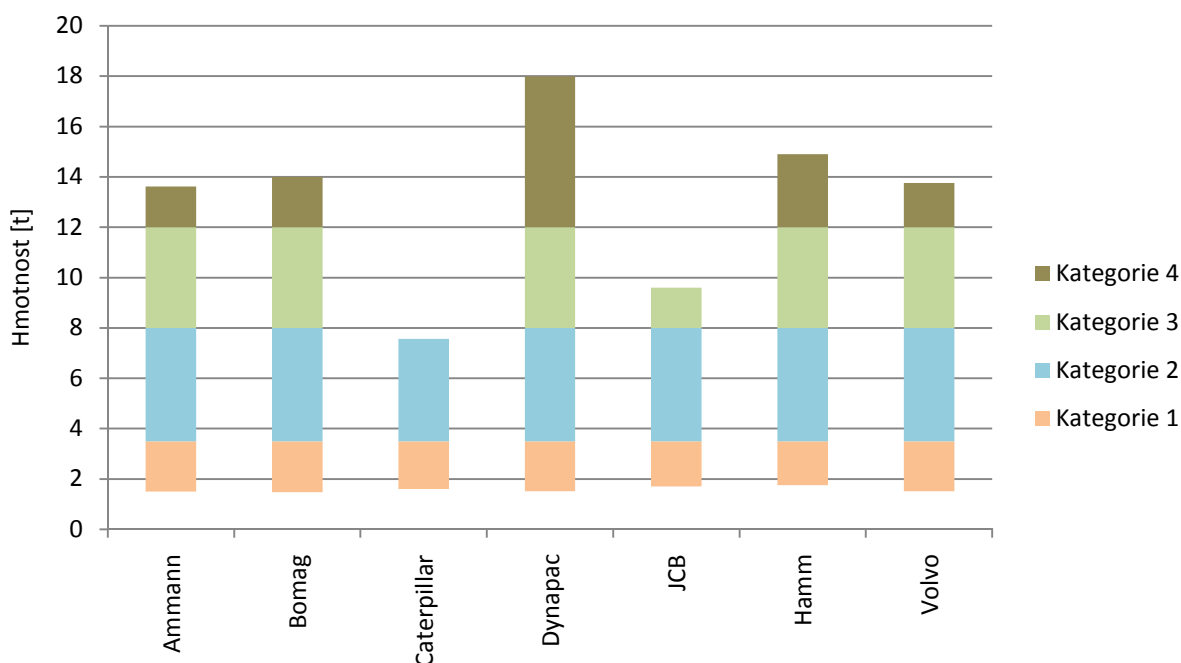
4. ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE TANDEMOVÝCH VÁLCŮ.

4.1. Základní rozdělení válců

Základním parametrem pro rozdělení tandemových válců uvažujeme jejich provozní hmotnost. Rozdělíme stroje do čtyř kategorií. Dle členění z literatury se dělí válce do 5 kategorií, protože toto členění neodpovídalo současným produkčním strojům, upravil jsem ho dle následující tabulky:

Rozdělení strojů do kategorií podle hmotnosti				
Třída	1	2	3	4
Hmotnost [t]	do 3,5	3,5-8	8-12	nad 12

Tab1: Rozdělení hmotnostních kategorií.



Graf3: Rozsah hmotnostních provedení

Jak je patrné z grafu většina výrobců vyrábí stroje všech kategorií. Pouze výrobci, kteří se nespecializují pouze na hutní a přidruženou techniku, vyrábějí především stroje zapadající do nižších kategorií.

Pro snadnou orientaci v grafech a tabulkách jsem ke každému výrobcí přiřadil určitou barvu.

Výrobce	Hmotnost [t]		Počet strojů v jednotlivých kategoriích				Celkový poč. strojů
	Minimální	Maximální	1	2	3	4	
Ammann	1,5	13,62	10	5	7	2	24
Bomag	1,47	14	14	4	18	9	45
Caterpillar	1,6	7,57	8	5	0	0	13
Dynapac	1,51	17,985	9	3	14	3	29
JCB	1,7	9,6	3	8	2	0	13
Hamm	1,75	14,9	6	6	20	19	51
Volvo	1,519	13,752	8	3	4	6	21

Tab2: Přehled počtu vyráběných modelů válců, včetně kombinovaných.

Z předešlých tabulek 1 a 2 je patrné, že společnosti Bomag, Hamm mají širokou škálu tandemových a kombinovaných válců ve všech hmotnostních kategoriích, čítající více než 40 strojů. Zato firmy JCB a Caterpillar mají pouze několik málo strojů v nižších hmotnostních kategoriích, to je způsobeno daleko širším výrobním programem.

4.2. Konstrukce rámu vibračních válců

V konstrukci těla vibračních válců rozlišujeme dvě základní koncepce.

a) Kloubový

Rám je složen ze dvou částí, které jsou uprostřed spojeny čepem. Vedení hydraulických hadic je konstruováno, aby byly co nejméně namáhány na ohyb a tím zvýšilo jejich životnost a snížilo riziko poškození hadic. Toto spořádání dovoluje vychýlit běhoun o 30°-40° od podélné osy stroje, vychýlení je realizováno hydraulickým pístem. Pro rovnoměrnější rozložení váhy a zmenšení namáhání kloubu je na jedné části umístěno ovládací pracoviště a na druhé části motor.



Obr11: Konstrukce kloubu u spojení dvou částí kloubového rámu firem Ammann [2] (vlevo) a Hamm [7] (vpravo).

b) Páteřový

Rám se skládá ze tří částí, základní část obsahuje ovládací kabinu i motor. Na tuto část jsou otočně přidělané dva běhouny. Tyto běhouny jsou otočné nezávisle na sobě a umožňují vysokou variabilitu stroje.



Obr12: Páteřové (vlevo) a kloubové (vpravo) provedení stroje firmy Hamm. [7]

Výrobce	Druh válce	Konstrukce
Ammann	Vibrační tandemový válec	Kloubová
	Vibrační tandemový válec	Páteřová
	Kombinovaný vibrační válec	Kloubová
	Kombinovaný vibrační válec	Páteřová
Bomag	Vibrační tandemový válec	Kloubová
	Vibrační tandemový válec	Páteřová
	Kombinovaný vibrační válec	Kloubová
Caterpillar	Vibrační tandemový válec	Kloubová
	Kombinovaný vibrační válec	Kloubová
Dynapac	Vibrační tandemový válec	Kloubová
	Vibrační tandemový válec	Páteřová
	Kombinovaný vibrační válec	Kloubová
JCB	Vibrační tandemový válec	Kloubová
	Vibrační tandemový válec	Páteřová
	Kombinovaný vibrační válec	Kloubová
Hamm	Vibrační tandemový válec	Kloubová
	Vibrační tandemový válec	Páteřová
	Kombinovaný vibrační válec	Kloubová
Volvo	Vibrační tandemový válec	Kloubová
	Vibrační tandemový válec	Páteřová
	Kombinovaný vibrační válec	Kloubová

Tab3: Přehled používaných konstrukcí.

Z následující tabulky je vzplývá, že Pouze Ammann vyrábí kombinované válce v obou konstrukčních provedeních. Firma Volvo a Caterpillar vyrábí pouze tandemové válce s kloubovým rámem.

4.3. Porovnání ovládání stroje s kloubovou a páteřovou konstrukcí

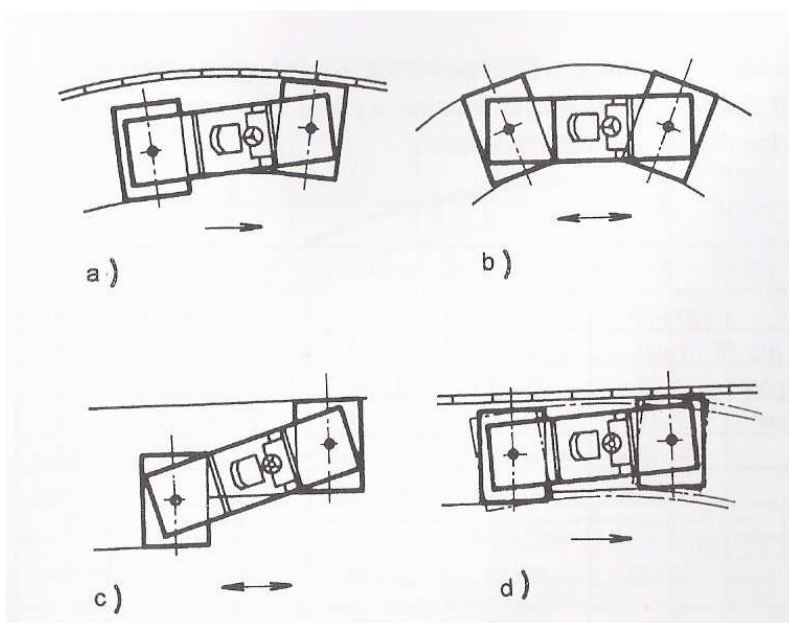
Obě konstrukce rámu mají určité přednosti při řízení. Pro usnadnění práce obsluhy jsou tandemové válce vybaveny servořízením.

1) Kloubová konstrukce

Konstrukce je tvořena pomocí dvou dílů spojených uprostřed kloubem, tato koncepce umožňuje obou běhounům sledovat stejnou stopu. Nevýhodou této koncepce je zvýšené namáhání povrchu smykovými silami od natáčejícího se běhounu.

2) Páteřová konstrukce

Tato konstrukce umožňuje lepší manévrovatelnost a menší tření při natáčení válců. Také umožňuje snadnou manévrovatelnost u překážek, možnost přesazení válců, a tím rozšíření hutnicí šířky na úkor zhutnění. Toto nastavení stroje je označováno jako psí, nebo také krabí chod. Běhouny jsou navíc uloženy kyvně, díky tomu je válec schopný přesně kopírovat nerovnosti terénu a rovnoměrně rozložit účinek po celé ploše.



Obr13: Zobrazení možnosti řízení páteřové konstrukce. [1]

- a) Natočení předního běhounu při válcování kraje zatáčky
- b) Oba běhouny jsou natočené a sledují stejnou stopu – zamezí nárůstu vzniku méně a více zhutněných míst
- c) Psí chod.
- d) Uspořádání běhounu při válcování u krajnic

4.4. Kombinované válce

Kombinované válce byly vytvořeny, protože spojují výhody obou typů válců. To je vibrační účinek běhounu působící do hloubky a kvalitní, lépe uzavřený povrch od pneumatiky. Tyto válce vyrábějí výrobci Ammann, Bomag, CAT, Dynapac, JCB a Hamm. Převládají hmotnosti válců do 12 tun. Nejtěžší stroje jsou od firem Ammann a Hamm o hmotnosti 12,5 tun. Běžně výrobci využívají kloubové provedení, páteřovou konstrukci vyrábí firma Bomag v zastoupení jednoho stroje, firma Ammann a firma Hamm. Konstrukce rámu dosáhla drobných úprav uchycení a pohonů, aby mohlo dojít k záměně jednoho běhounu za pneumatiky. Všichni výrobci využívají koncepci záměny pneumatik za zadní běhoun, kromě společnosti Hamm, která umístila pneumatiky místo předního běhounu. Využívá se čtyř hnaných pneumatik. Hnané musejí být z důvodu, aby se zlepšila stoupavost a bylo dosaženo hnětacího účinku. Pneumatiky jsou shodné jako pro kolové válce. Například společnost Ammann používá běžný rozměr pneumatiky pro nákladní vozidla o rozměrech 205/60 R15.



Obr14: Kombinovaný válec firmy Hamm. [7]

4.5. Konstrukce běhounů

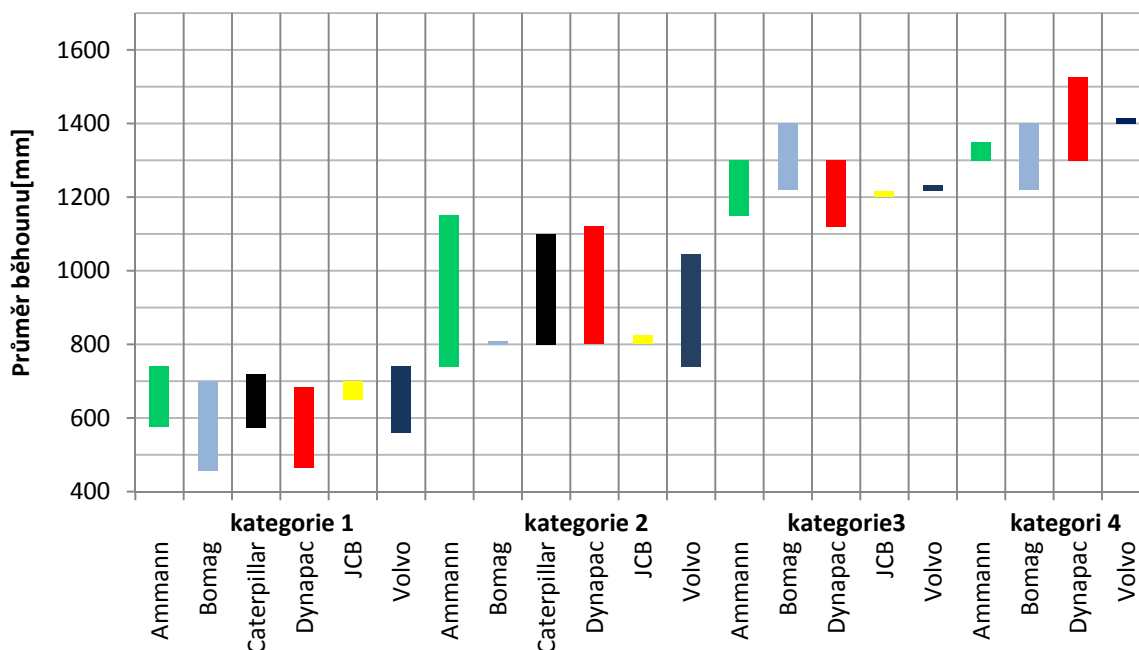
Plášť válců je z oceli, jedná se o skružený plát plechu o tloušťce 18-50 mm. Plech je ze speciální oceli, která je odolnější proti mechanickému působení otěru materiálu. Buben je poháněn hydromotory. Pro přenos krouticího momentu je využito unášečů, které jsou na tělo bubnu připojeny silentbloky pro snížení negativního účinku vibrací. U velkých strojů dosahuje krouticí moment značně velikých hodnot, že jeden unášeč není schopen ho přenést, pro je použito dvou unášečů. Ten je umístěn tak, že tělo bubnu je sevřeno do páru silentbloků.



Obr14: Unášeč běhounu. [3]

Základním parametrem válce je jeho průměr a šířka. Tyto dva rozměry jsou hlavním parametrem pro určení působení na podklad.

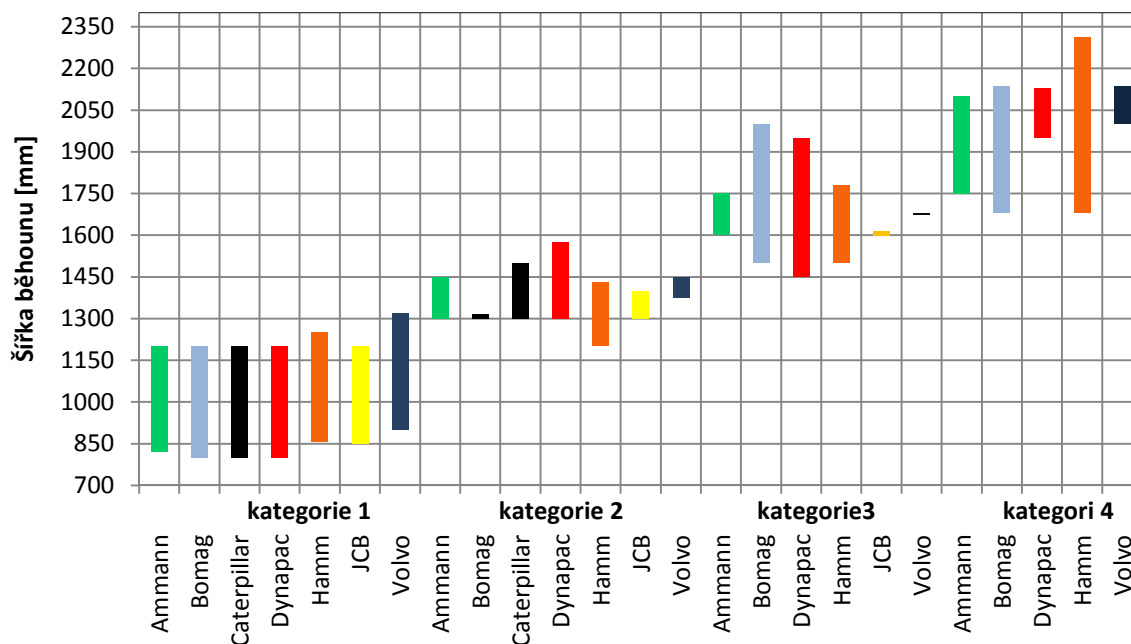
Průměry běhounů:



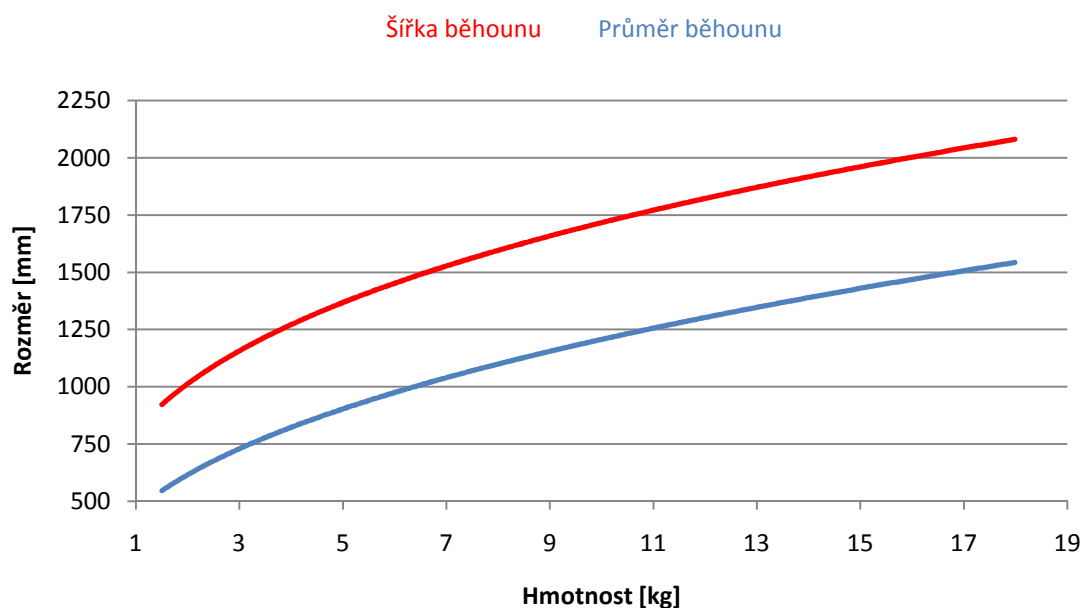
Graf4: Graf popisuje rozmezí průměrů běhounů v jednotlivých kategoriích.

Firma Hamm zde není uvedena, protože neuvádí ve svých podkladech průměry běhounů. Z grafu je patrný takřka lineární nárůst průměru běhounu v závislosti na hmotnosti.

Šířka běhounů:



Graf5: Graf popisuje rozmezí šířky vyráběných běhounů v jednotlivých kategoriích.



Graf6: Závislost rozměrů běhounu na hmotnosti stroje.

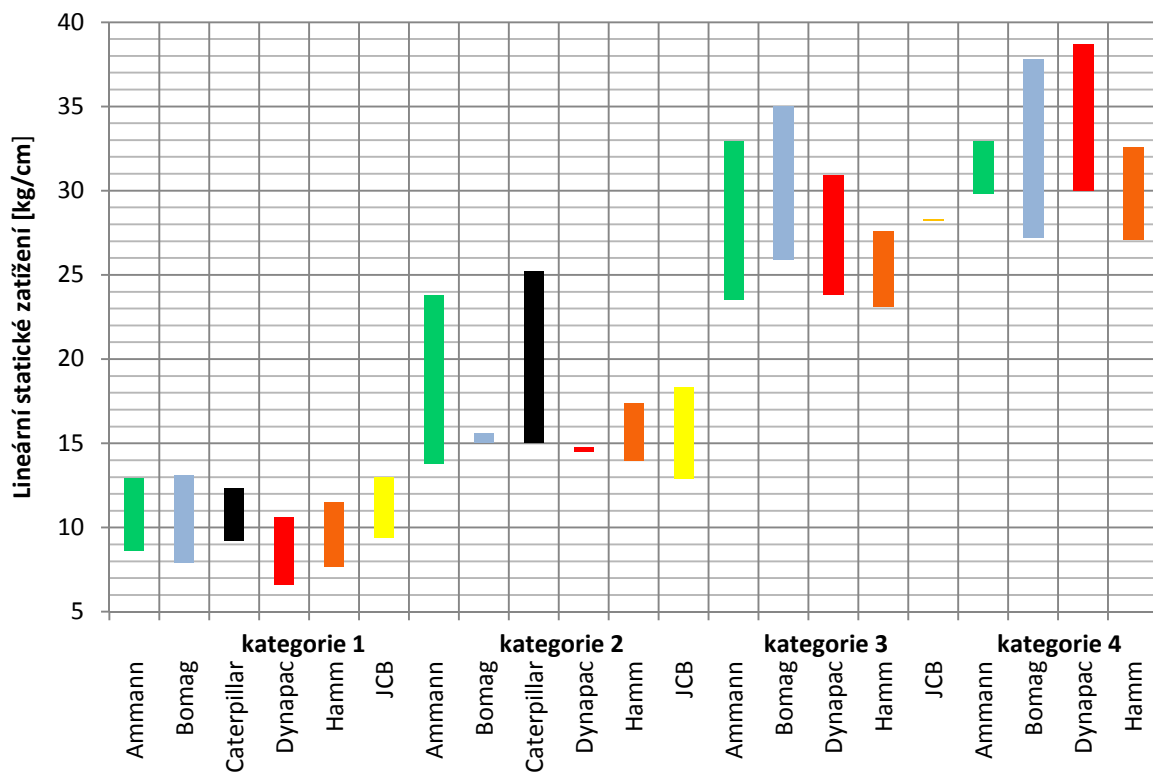
Kategorie	Průměr bubnu [mm]	Šířka bubnu [mm]
1	457 - 741	800 - 1320
2	739 - 1150	1200 - 1575
3	1120 - 1400	1450 - 2000
4	1220 - 1527	1680 - 2310

Tab4: Rozsahy rozměrů běhounu dle kategorií.

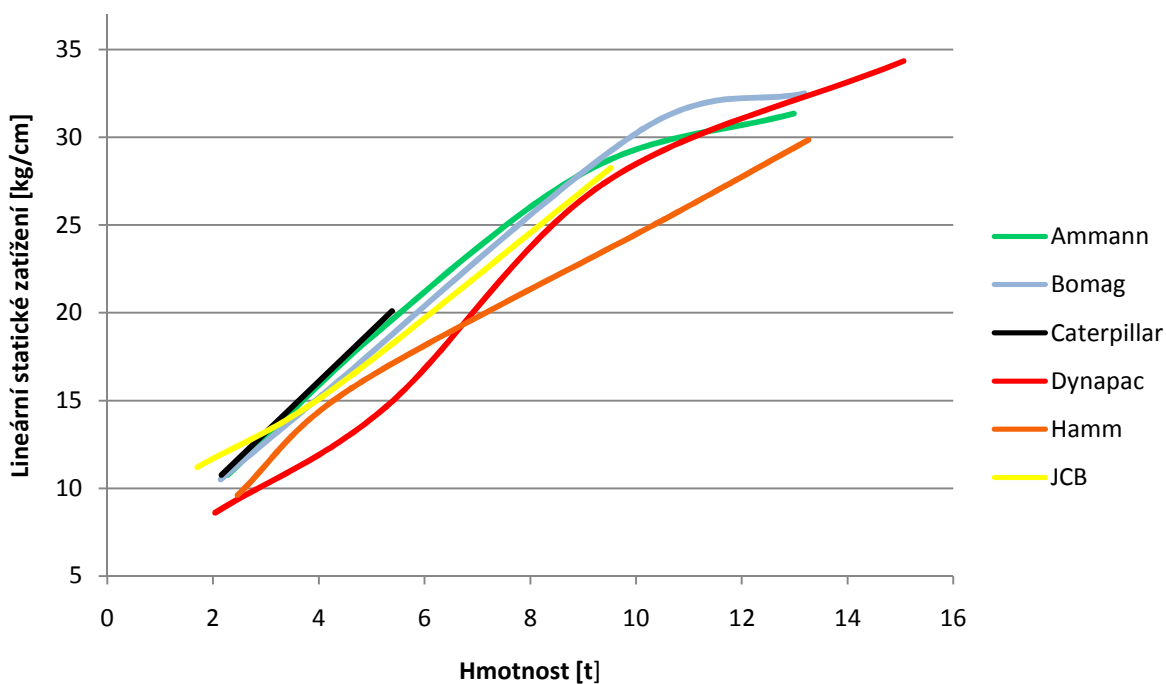
Z grafu 4 a 5 vyplývá, že některé firmy dávají přednost použití stejných rozměrů válců u více strojů. Hmotnost těchto strojů potom zvyšují jiným způsobem, než zvyšováním hmotnosti běhounu. Důvodem jsou ekonomické faktory, protože při změně hmotnosti běhounu se musí přestavět i mechanismus vibrací a tím s tím souvisí zvýšení nákladů na výrobu strojů. Dalším důvodem může být i technologické omezení výroby.

Vliv statického působení na podklad:

Vliv statického působení běhounu se označuje jako lineární statické zatížení, tato veličina se vyjadřuje jako hmotnost na lineární vzdálenost kg/cm.



Graf7: Graf popisuje rozsahy lineárního statického zatížení pro hmotnostní kategorie strojů.



Graf8: Graf vyjadřuje závislost hmotnosti stroje na lineárním statickém zatížení.

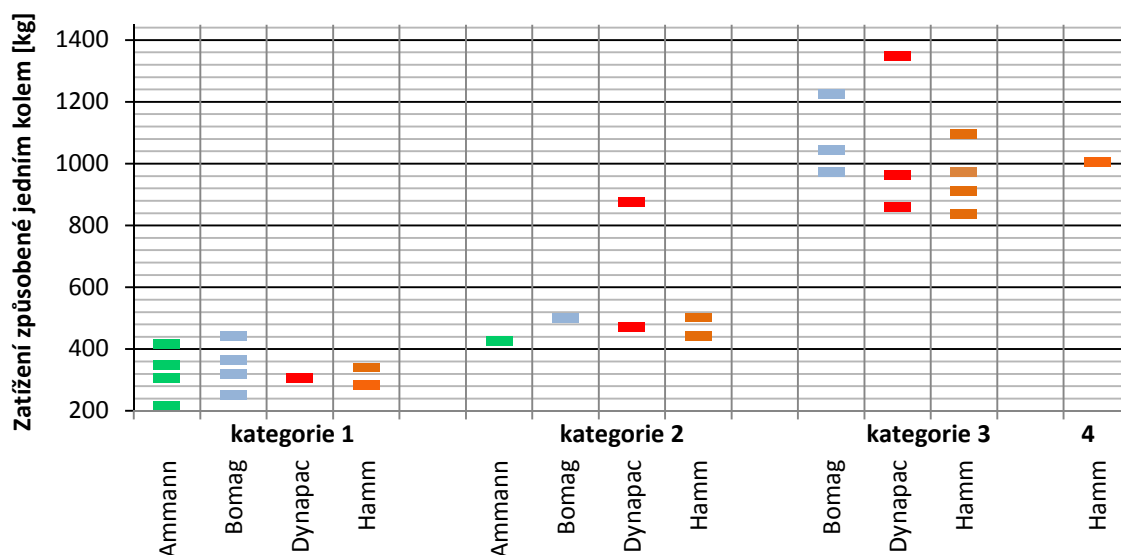
Z grafu vyplývá, že většina firem je na stejné úrovni, pouze překvapivě Hamm ztrácí u svých těžkých strojů lineární statické zatížení až o 5 kg/cm oproti konkurenci. Zato firma Dynapac ztrácí hodnotu zatížení v lehčích strojích. Vzhledem k tomu že se nejedná o rozhodující parametr válce, dají se tyto odchylky považovat za méně významné.

Kombinované válce:

U kombinovaných válců došlo k záměně jednoho z běhounů za řadu pneumatik. Následující tabulka zobrazuje přehled používaných rozměrů výrobců.

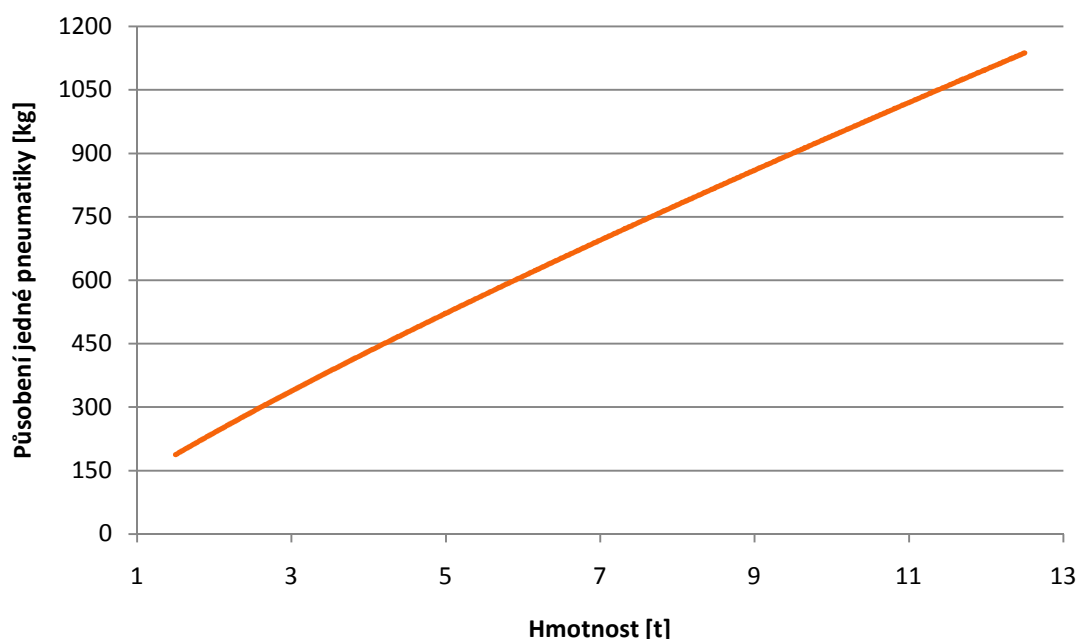
Rozměr Pneumatiky	Výrobce	Hmotnostní kategorie			
		1	2	3	4
		do 3,5t	3,5t - 8t	8t - 12t	nad 12t
		205/60R15	205/60R15	205/60R15	205/60R15
	Bomag	205/60R15	225/75R16	11,00-20	
		175/70-14			
	Caterpillar	9,5/65R15	7,5/16-6		
	Dynapac	640x240-15	11,00-20	11,00-20	
			7,50-16		
	Hamm	205/60R15	10,5/80-16	11,00-20	11,00-20
		9,5/65R15	7,50-15		
	JCB		8,25-15		

Tab5: Přehled používaných pneumatik.



Graf9: Statické působení pneumatiky na podloží.

Každý zobrazený bod představuje jeden stroj. Společnost Ammann bohužel neuvedl v materiálech hodnotu tohoto působení u 3 a 4 kategorie.



Graf10: Zatížení vyvolané jednou pneumatikou v závislosti na hmotnosti stroje.

Kategorie	Lineární působení běhounu [N/cm]	Zatížení pneumatikou [kg]
1	7,8 - 13,5	200 - 338
2	12,9 - 26,6	412 - 823
3	23,3 - 32,9	821 - 1388
4	27,1 - 29,5	990 - 1046

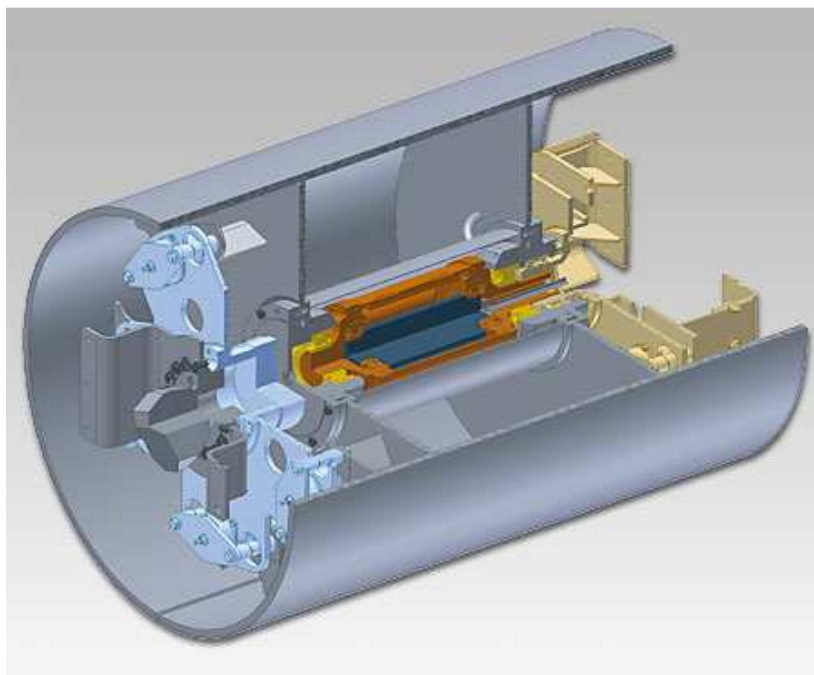
Tab6: Rozsahy lineárního působení běhounu a zatížení vyvolaného pneumatikou pro jednotlivé kategorie.

U kombinovaných válců je lineární zatížení způsobené běhounem shodné u provedení s dvěma běhouny a jejich rozdíly jsou nepodstatné. Tudíž tento graf není podstatné uvádět.

4.6. Konstrukce vibrací

Nejjednodušší konstrukce je pro vytvoření kruhových vibrací. Systém se skládá ze dvou výstředníků uložených v jedné ose. Díky svému tvaru se tyto výstředníky při rotaci zapřou o sebe a tím vytvoří nevývažek o určité hmotnosti, pokud změním smysl otáčení, zapřou se výstředníky v druhé poloze, která vyvolá jinou hodnotu nevývažku. Tímto jednoduchým systémem je docíleno dvou základních nastavení. Vzhledem ke své jednoduchosti, využívají tuto konstrukci všichni výrobci.

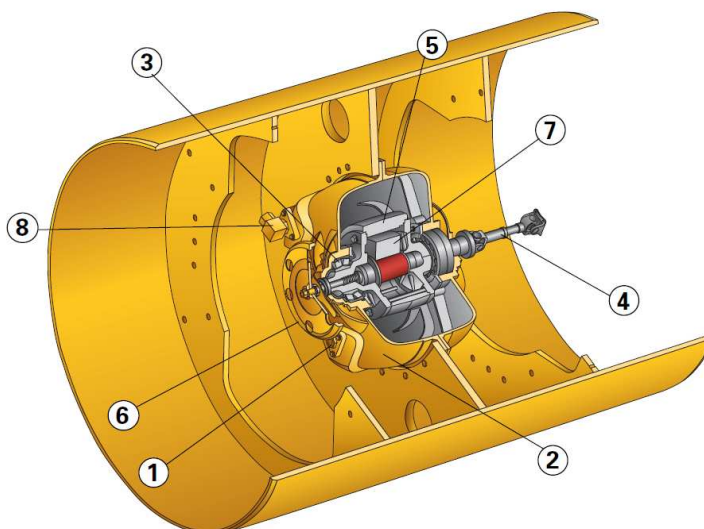
Pro stavitelné vibrace je konstrukce již složitější, excentrická závaží jsou pořád v jedné ose, ale rotují stejným směrem o stejné frekvenci, jejich stavění do požadované polohy je prováděno pomocí natočení vůči sobě. Toto řízení je zcela plynulé a ovládáno pomocí řidiče, nebo automaticky pomocí řídicího systému inteligentního hutnění.



Obr15: Řez konstrukcí běhounu pro stavitelné vibrace společnosti Ammann. [2]

Firma Caterpillar nabízí u svých velkých válců nastavení 5 amplitud a frekvencí, to je na stejném principu, jako bylo uvedeno výše, pouze řízení natočení excentrů je prováděno ručně na boku běhounu pomocí mechanických převodů.

- 1 – olejoznak
- 2 – kryt závaží
- 3 – ložisková tělesa
- 4 – hnací hřídel
- 5 – excentrické závaží
- 6 – nastavovací prvek
- 7 – stavitelný excentr
- 8 – olejová zátka



Obr16: Konstrukce ručně stavitelných otáček firmy Caterpillar. [4]

Pro řízené a oscilační vibrace se využívá excentrů ve dvou nesouosých osách. Tato konstrukce je podstatně složitější a náklady na stroje značně rostou. Přesto je nutné tuto konstrukci vyrábět z důvodu využití oscilační vibrace na mostových konstrukcích. Tuto konstrukci rozvíjí především firma Hamm, dále pak Bomag a Dynapac.

4.7 Metody přímého měření zhutnění

Protože docházelo nesprávné použití válců, způsobovalo nedostatečné zhutnění, nebo zbytečným přejezdům již pevného podkladu. Byly vyvinuty systémy pro měření zhutnění během pracovní činnosti. Tyto metody slouží také pro kontrolu zhutnění během pracovního cyklu, případnou zpětnou kontrolu. Dále se toto měření využívá pro automatické řízení.

Nejjednodušší metoda přímého měření je založena na principu Fourierovi řady. Na pevném rámu válce je umístěn akcelerometr, který registruje zpětné reakce vibrujícího běhounu proti zhutňovanému materiálu. Tyto reakce jsou tím větší, čím je tvrdší a stabilnější podloží a dále se zesilují až do vzniku velkého odskoku (vibroúderu). Tyto signály jsou přenášeny do počítače, kde jsou Fourierovou řadou vyhodnoceny pomocí předem uložených kombinací nastavení. Tento údaj se zobrazuje na měřicím přístroji v kabině řidiče, nebo se dále zpracovávají inteligentním hutněním. Bohužel tento systém může být zkreslen pevným podložím těsně pod povrchem např. skálou a systém pak ukazuje vyšší míru zhutnění, než ve skutečnosti je. Tento problém se týká hlavně při hutnění měkkých směsí s velkou různorodostí materiálu, jako jsou zeminy a písky apod. Tento systém využívají všichni výrobci kromě Ammannu.



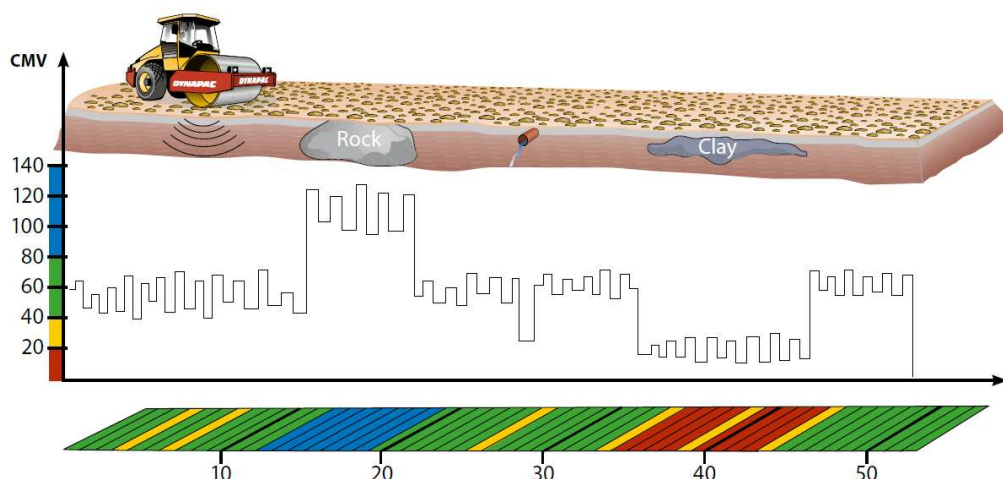
Obr17: Akcelerometr a počítač firmy Bomag. [3]

Ammann na rozdíl od Fourierovy řady využívá systém vypočítávající zhutnění přes dynamické rovnice. Systém je složitější, protože obsahuje čidlo na natočení excentrických závaží vůči sobě, akcelerometr a snímač frekvence vibrací. Tímto principem je docíleno nižších chyb ve výpočtu.

4.8. Provedení řízení vibrací u jednotlivých firem

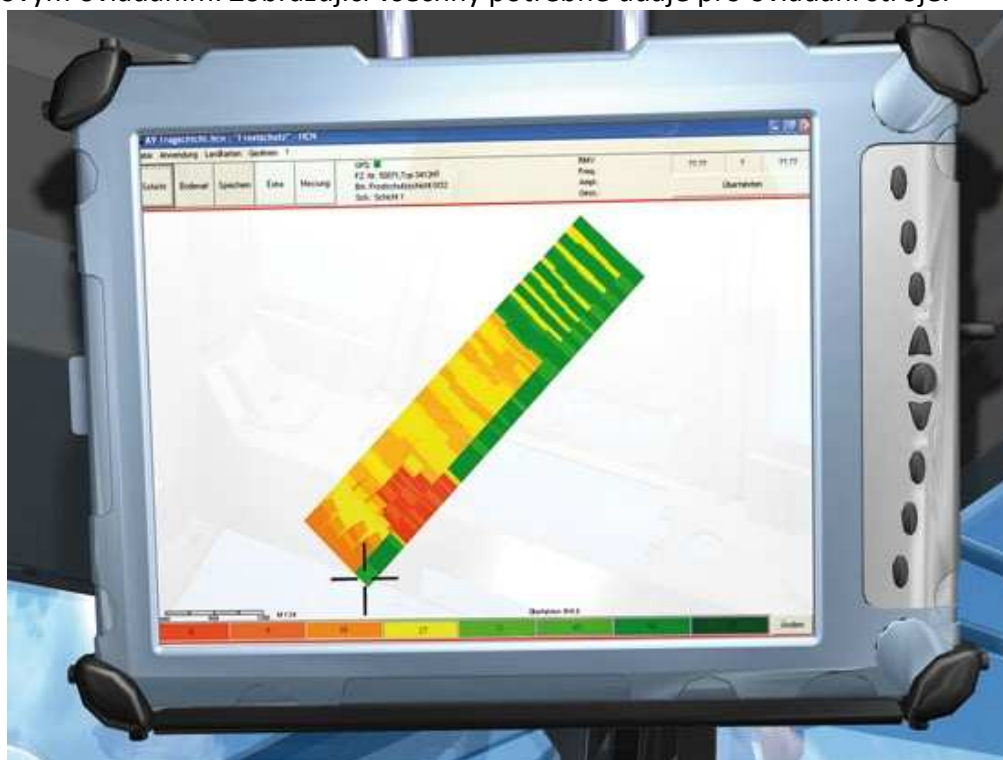
Všechny společnosti používají obdobnou techniku a až 3 úrovně měřících a regulačních systémů. Základní je zobrazení pouze aktuální hodnoty zhutnění, často pouze analogovým budíkem.

Další vývojovým stupněm je zapojení čidla pojezdu do obvodu, díky tomu lze monitorovat a kontrolovat jednotlivá místa v ujeté dráze válce. Dále zobrazovací jednotka je nahrazena barevným displejem pro zobrazení zhutnění jednotlivých míst. Tento display je rozdělen do několika pojezdových drah, každá dráha je rozdělena do několika polí po stejné vzdálenosti. Každé políčko znázorňuje míru zhutnění, pro přehlednost je tato hodnota barevně odlišena. Tyto jednotky mohou být opatřeny tiskárnou pro tisk protokolu anebo slotem pro paměťové karty či USB konektorem pro přenos do počítače.



Obr18: Schematické Zobrazení procesu zhutnění, kde spodní barevné odlišení určuje zhutnění daného místa po prvním přejezdu. [5]

Nejlepším stupněm je připojení do obvodů modul DGPS, tím je zcela jednoznačně dána míra zhutnění pro jednotlivá místa. Tyto hodnoty se dají také ukládat, tisknout nebo dále zpracovávat systémem. Výhodou je jejich archivace a možná kontrola procesu hutnění po jednotlivých přejezdech stroje. Tyto systémy bývají vybaveny ještě rozměrnějším displejem s dotykovým ovládáním. Zobrazující všechny potřebné údaje pro ovládání stroje.



Obr19: Displej systému HCQ – GPS Navigator firmy Hamm. [7]

Každá firma vyvíjí svůj trochu odlišný systém pracující na výše zmíněných principech s drobnými odlišnostmi a jiným pojmenováním. Jejich označení a odlišné specifikace jsou popsány v následující části.

Ammann

Společnost Ammann jako jediná nepoužívá systém Fourierovy řady, ale vypočítává zhutnění pomocí dynamické rovnice. Společnost využívá nejjednodušší princip nastavení dvou vibračních působení a kombinací základního zobrazovacího ukazatele aktuální hodnoty. Dále Ammann vyrábí válce s plně stavitelnými hodnotami všech hutnících parametrů, tyto vibrační systémy jsou doplněny systémem **ACE** (Ammann compaction expert).

Označovaného jako inteligentní hutnění. Počítač v tomto systému zcela automaticky upravuje parametry dle výsledků dynamické rovnice. Kromě frekvence a amplitudy vypočítává ideální rychlost pojezdu. Dále je vybaven teplotním jištěním, to přeruší operaci stroje, pokud asfalt bude mít příliš vysokou, nebo naopak příliš nízkou teplotu. Stroje jsou vybaveny **ADS** (Ammann Documentation System), což je jednotka pro přepočet, zobrazení zhutnění na černobílý LCD display. Dále umožňuje ukládání a tisk dat. Z paměti ADS je možné je přenést do PC přes USB.

Systém **ACE plus** je vybaven o GPS systém je obdobný, pouze černobílý LCD display byl nahrazen velkým barevným dotykovým LCD displejem, který zobrazuje navíc hodnoty zhutnění jednotlivých míst. [2]

Bomag

Asphalt Manager

Asfaltu MANAGER je systém, který automaticky optimalizuje výkonnost zhutňování. Systém nepřetržitě měří nosnost z materiálu, tato nosnost je zobrazena jako dynamická tuhost **Evib** [MN/m]. Tato jednotka je zobrazena na speciálním displeji **BOP** (Bomag Operational Panel). Na displeji se zobrazují informace provozovateli o aktuální teplotě asfaltu, rychlosti válce a použité amplitudě. Systém je vybaven tiskárnou pro tisk protokolu s výsledky hutnění.

Asphalt Manager s GPS

Systém je obdobný se stejným systémem, pouze je vybaven velkým barevným displejem a jednotkou pro ukládání a zálohování získaných dat pomocí vyvinutého softwaru **BCM 05** pro využití DGPS.



Obr20: Ovládací panely Asphalt Manageru s GPS společnosti Bomag [3]

Caterpillar

Vzhledem ke svému objemu výroby se Caterpillar zabývá pouze nejjednodušší konstrukcí vibrační kontrolované pouze aktuální hodnotou zhutnění zobrazující se na jednoduchém budíku.

Dynapac

Základní systém kontroly hutnění obsahuje malý LCD panel. Tento panel obsahuje pouze základní informační údaje o provozu stroje. Bez možnosti jakéhokoliv exportu dat.

DCA-A Dynapac Compaction Analyzer for Asphalt

Systém podává informace o zhutnění v reálném čase. Dále zobrazuje teplotu asfaltu, počet přejezdů, rychlost stroje, polohu pomocí DGPS. DCA-A umožňuje všechny tyto údaje zobrazit v závislosti na čase, nebo poloze v hutnicím protokolu. Tento protokol může být vytisknut, nebo uložen přes USB ve formátu pdf. Systém obsahuje dotykový display pro snadnou obsluhu.

ICB

Stejně tak jako firma Caterpillar má firma JCB do svých strojů s jednoduchou vibrací pouze jednoduchý budík s aktuální hodnotou zhutnění.

Hamm

Firma vyvinula systém s označením **HCQ** (Hamm Compaction Quality), toto označení používá jak pro tahačové i tandemové válce. Celý systém obsahuje **HCQ – Indicator**, což je akcelerometr s infračerveným teploměrem, procesorem a zobrazovací display v kabině řidič.

HCQ – Printer je volitelný doplněk systému, kromě tiskárny obsahuje přídatný display, na kterém se mohou zobrazit předdefinovaná místa pojezdu a umožňuje uložení a export dat do osobního počítače. **HCQ – GPS Navigator** je systém vybaven o DGPS a velký přenosný počítač s dotykovým displejem, ze kterého je možno přenést data přes USB port do osobního počítače pro následnou analýzu. Tu je možné provést i na běžně používaných softwarech. Firma Hamm jako jediná na trhu nabízí volbu jednotky, ve které má být výsledek zobrazován.



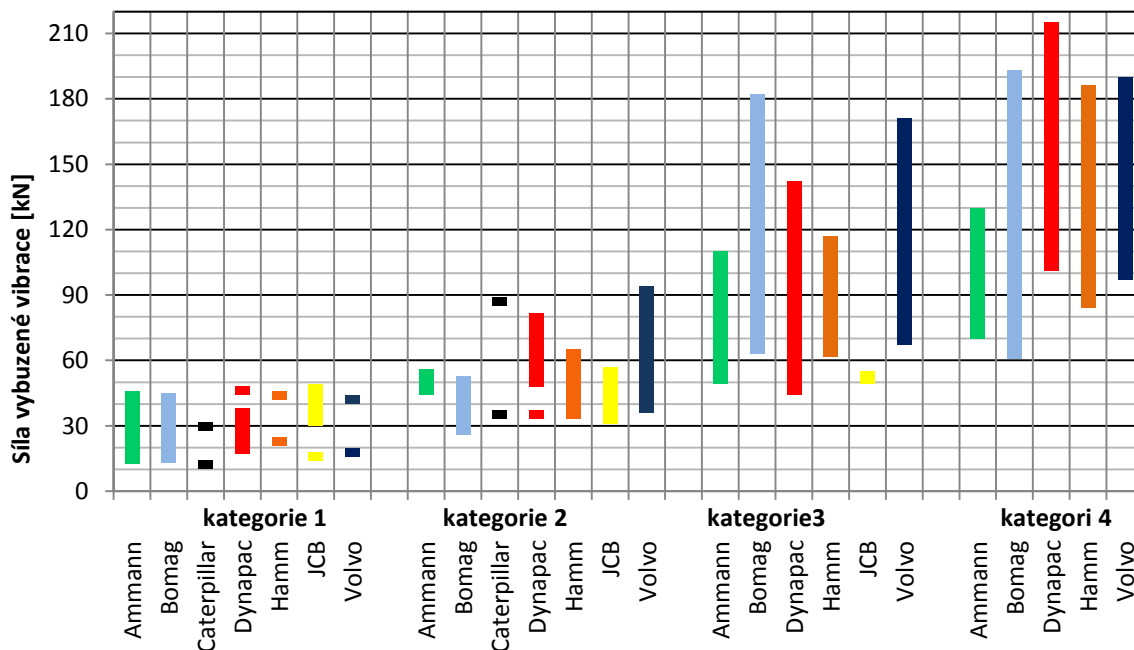
Obr21: Tiskárna protokolu a displej HCQ – Indicatoru. [7]

Volvo

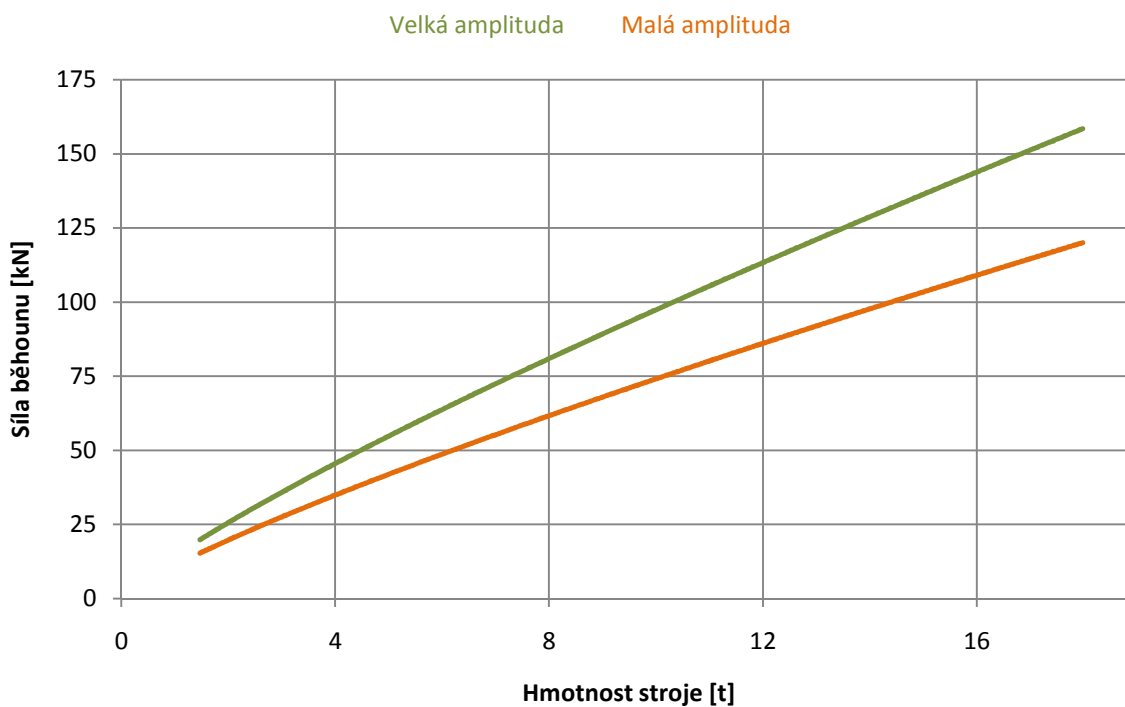
Volvo je další společností vyrábějící válce s pevně danými dvěma nastavení hutnicích hodnot. Také jejich systém měření obsahuje jednoduchý budík ukazující okamžitou hodnotu zhutnění.

4.9. Parametry hutnění

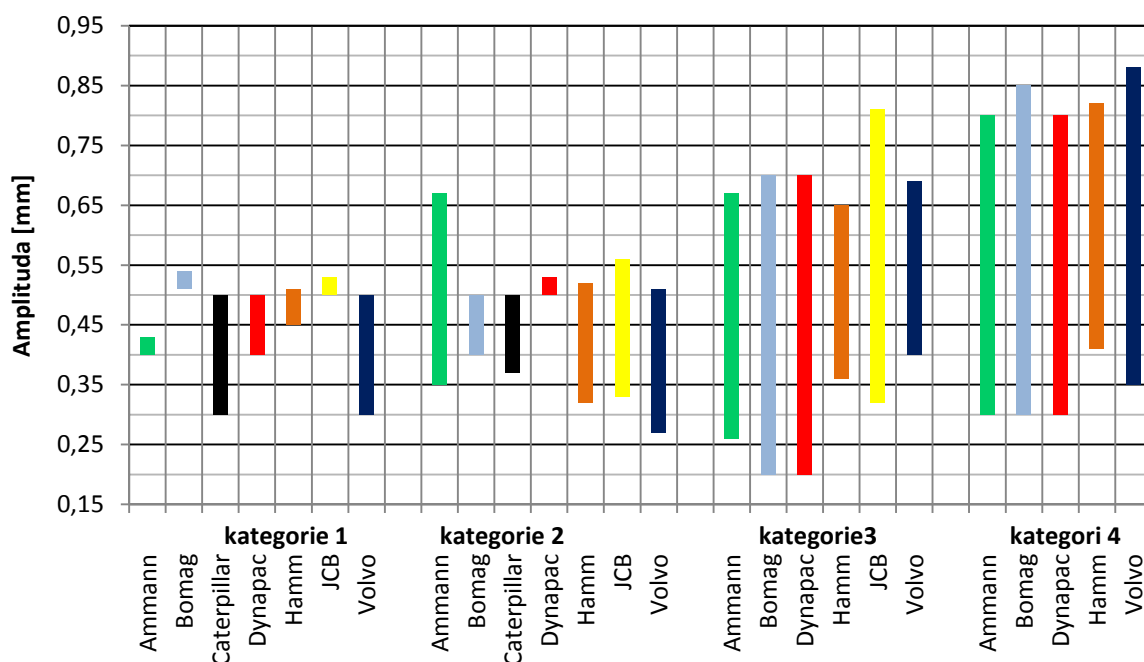
Účinek vibrací je nastaven třemi navzájem závislými parametry, mezi tyto parametry patří frekvence, tedy rotace excentrického závaží a velikost amplitudy kmitu běhounu. Z těchto dvou parametrů vyplývá velikost síly působící na podloží.



Graf11: Graf popisuje rozsah velikosti síly na podloží pro hmotnostní kategorie strojů.



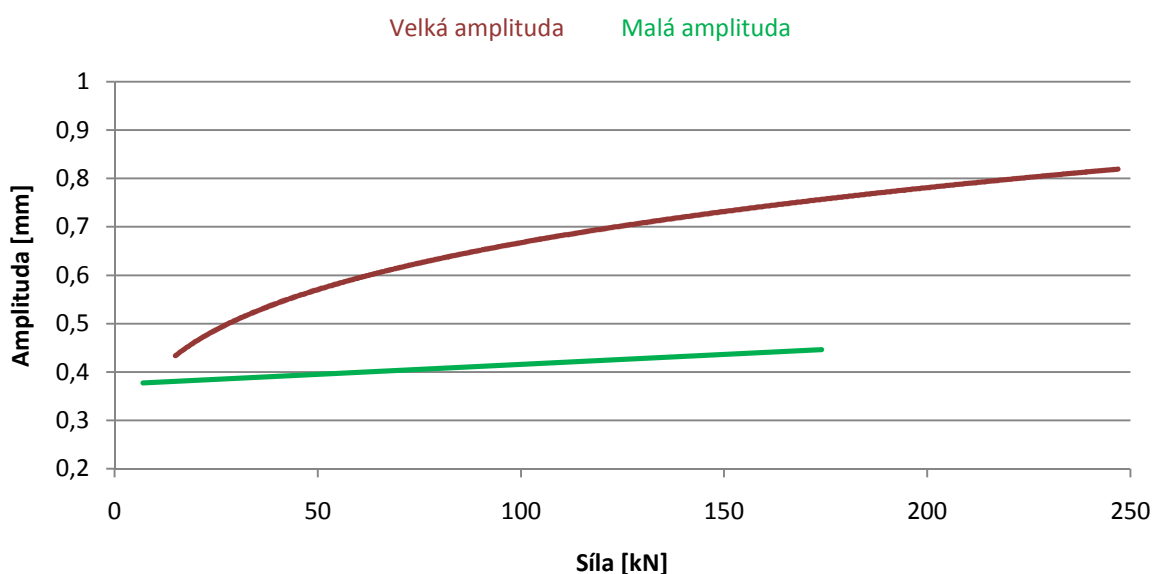
Graf12: Graf vyjadřuje závislost síly na hmotnosti stroje.



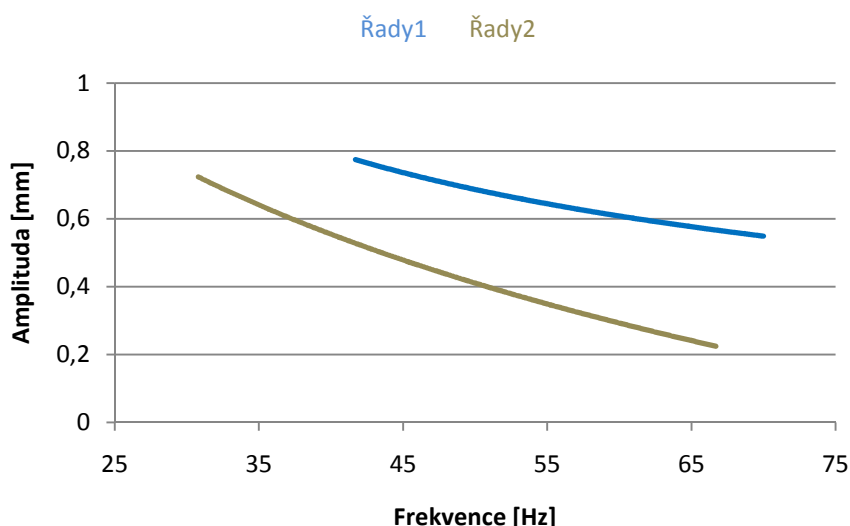
Graf13: Graf popisuje rozsah velikosti amplitudy pro hmotnostní kategorie strojů.

Z grafů 11 a 12 vyplývá logická závislost zvýšení hmotnosti a zvýšení působící síly. U hmotnostní kategorie 1 a z části i 2 mají stroje pouze pevnou amplitudu i frekvenci, z tohoto důvodu tyto stroje působí na podloží pouze jednou silou a jsou zobrazeny jako body (u větší nabídky se mohou tyto body překrývat např. Ammann), u vyšších hmotnostních kategorií mají stroje možnost nastavení parametrů a vzhledem k často bohatší nabídce jsou rozsahy značně velké. Toto samozřejmě také platí u amplitud.

Závislosti nastavitelných parametrů na síle



Graf14: Závislost amplitudy na síle.



Graf15: Závislost frekvence na amplitudě.

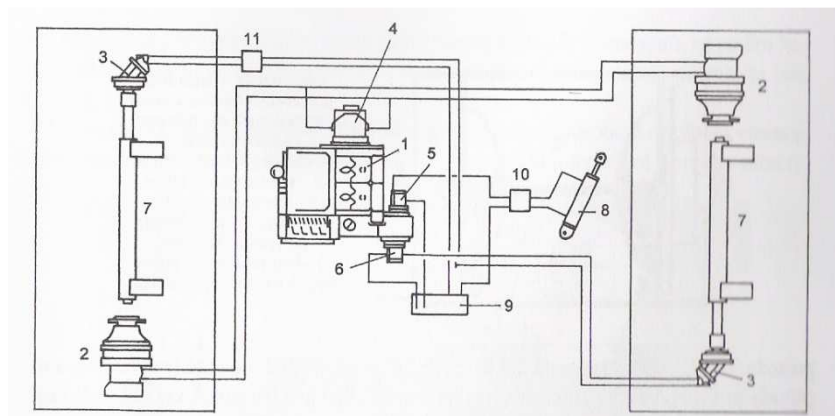
V grafu 14 vznikla drobná chyba u křivky malé amplitudy, ta je způsobena započítáním všech malých strojů do této křivky, ve skutečnosti by měla mít více podobný tvar jak křivka velkých amplitud. Ta vyjadřuje závislost stroj s volitelnou druhou amplitudou. Protože sílu ovlivňuje více amplituda, je v grafu 15 zobrazena závislost amplitudy na frekvenci.

4.10. Konstrukce pohonů

Na strojích bývají oba běhouny poháněny, zlepšuje se tak jejich stoupavost. Pokud je poháněn pouze jeden může docházet k hrnutí materiálu před nehnatým běhounem.

U dřívějších provedení se využívali mechanické pohony. Od hnacího motoru s převodovkou byly otáčky přenášeny na běhouny pomocí řemenu nebo řetězu. Vzhledem ke složitosti a výrobní nákladnosti těchto konstrukcí byli nahrazeny hydrostatickými pohony.

Hnací jednotkou zůstaly vznětové motory, složitá převodovka byla nahrazena regulačním hydrogenerátorem. Tím je hydraulický olej veden hadicemi k rotačním hydromotorům, které přes unášecí roztáčí běhouny. Výrobce používá jeden, nebo dva hydrogenerátory pro každý běhoun. Za nimi je připojen další hydrogenerátor pro pohony vibrací, z tohoto hydrogenerátoru je olej veden do hydromotoru, na který je pomocí planetové převodovky připojen hnací hřídel vibrací. Posledním okruhem je okruh řízení, nejmenší hydrogenerátor pohání přímočarý motor pro řízení. Hydrogenerátor pro řízení a pro vibrace může být nahrazen jednou jednotkou.



1 - vznětový motor; 2 – hydromotor pro pojezd; 3- hydromotor pro vibrace; 4 – hydrogenerátor pro pojezd; 5 – hydrogenerátor pro řízení; 6 – hydrogenerátor pro pojezd; 7 – budič vibrací; 8 – přímočarý hydromotor řízení; 9 – nádrž pro hydraulický olej; 10 – řídicí ventil; 11 – spínací ventil řízení

Obr22: Schéma hydrauliky tandemového vibračního válce. [1]

Jak je zřejmé ze schématu, na jedné straně běhounů jsou umístěné hydromotory pro pohon a na druhé straně hydromotory pro pohon vibrace. Hnací hydrogenerátory mohou být zapojeny všechny navazující na sebe, toto uspořádání může být do některých konstrukcí příliš dlouhé. Proto se mohou zapojit vedle sebe, tím se zkrátí délka pohonné jednotky.

Regulační hydrogenerátory umožňují plynulou regulaci rychlosti pojezdu, další jejich výhodou oproti mechanickým převodům je pozvolný přechod z jízdy vpřed na jízdu vzad a to za krátkou dobu. Zejména u měkkých živičných povrchů díky tomuto jevu nezanechávají běhouny žádné známky prokluzu, nebo smyku.

Přehled používaných motorů:

Všechny motory jsou vznětové, u velkých objemů jsou motory vybaveny turbodmychadly pro zvýšení výkonu. Malé objemy jsou chlazeny vzduchem, zato velké jsou napojeny na vodní chlazení. Nejrozšířenější pohonnou jednotkou je turbodieselový motor Deutz. Společnost JCB jako jediná používá svoje motory.

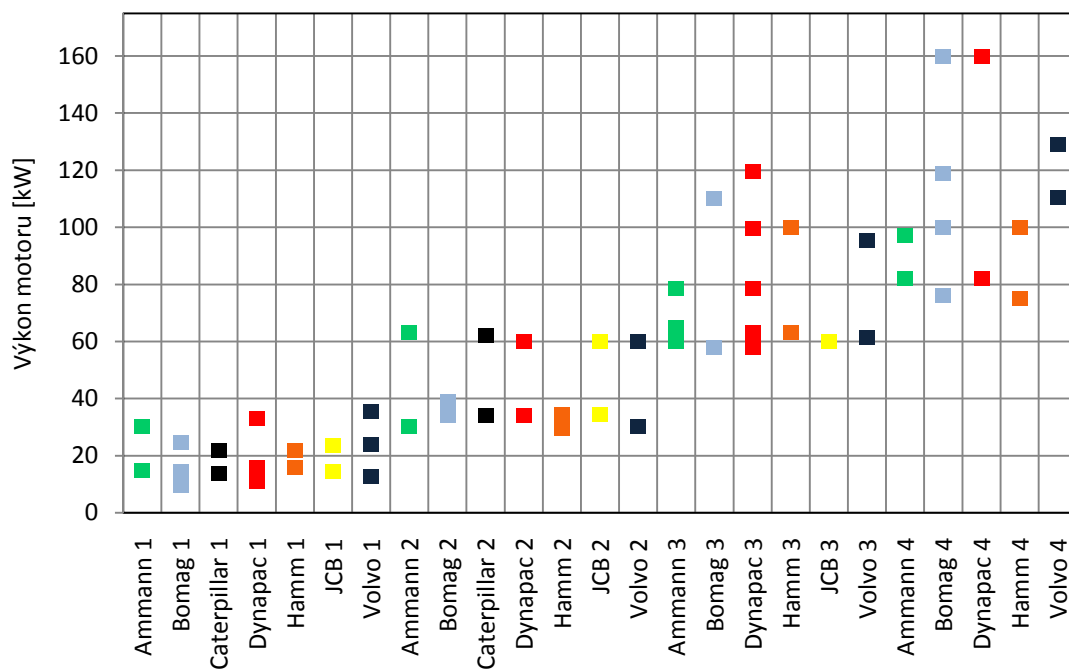
Jedinou výjimkou mezi vznětovými motory je motor Honda GX620k1QYD. Jedná se o dvouválcový motor s objemem 0,614 l vzhledem k rozměrům je vzduchem chlazený o výkonu 13,4 kW. Tento motor pohání válec o hmotnosti 1,51 t firmy Dynapac s označením CC900G.



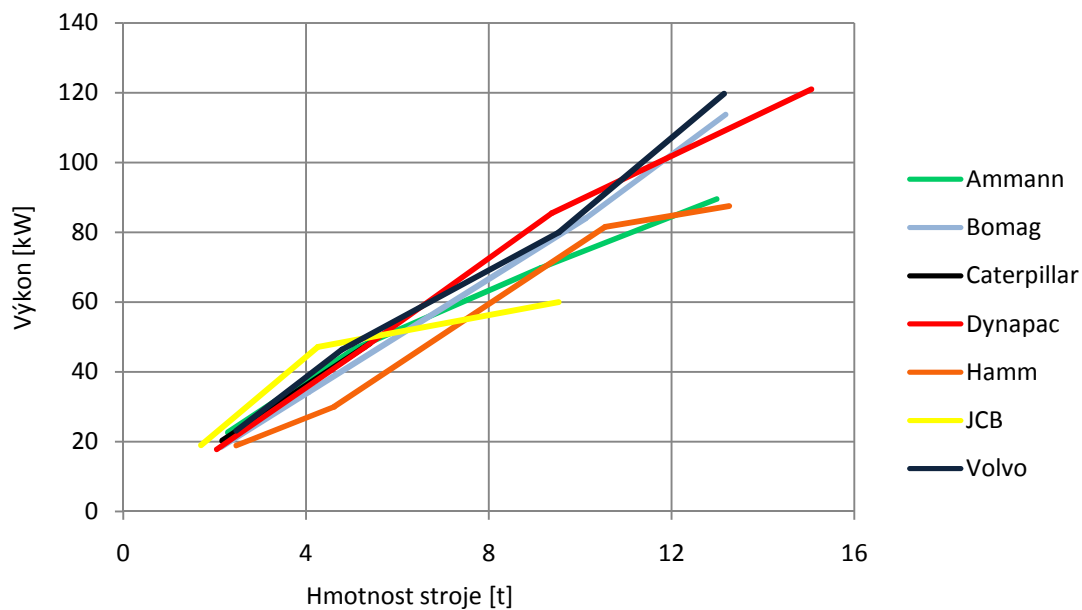
Obr23: Motory Cummins QSB 4,5 [5]/ Kubota - D 1703 [3] / Deutz - D 2011 [7] (zleva)

Výrobce válce	Druh motoru	Typ motoru	Počet válců	Objem [l]	Výkon [kW]	Chladičí médium	Výrobce motoru
Ammann	Diesel	3TVN76	3	1,16	14,9	Voda	Yanmar
	Diesel	3TVN88	3	1,64	30,4	Voda	Yanmar
	Diesel	B 3.3	4	3,3	60	Voda	Cummins
	Diesel	4BT3.3	4	3,3	63	Voda	Cummins
	Diesel	4BT4.5	4	4,5	74	Voda	Cummins
	Turbo Diesel	QSB 4.5 T3	4	4,5	82	Voda	Cummins
	Turbo Diesel	QSB 4.5 T3	4	4,5	97	Voda	Cummins
Bomag	Diesel	D 722	3	0,75	12,4	Vzduch	Kubota
	Diesel	D 1703	3	1,65	24,7	Vzduch	Kubota
	Diesel	D 2011 L03	3	2,33	34	Voda	Deutz
	Diesel	4BT3.3	4	3,3	58	Voda	Cummins
	Turbo Diesel	TD 2011 L04	4	3,62	63	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	TCD 2012 L04	4	4,04	74,9	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	TCD 2012 L04	4	4,04	100	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	TCD 2012 L04	4	4,04	100	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	QSB 4.5 T3	4	4,5	160	Voda	Cummins
Caterpillar	Diesel	C1.1			16,1	Voda	Cat
	Diesel	3013C	4		24,4	Voda	Cat
	Diesel	3024C	4		34,1	Voda	Cat
	Diesel	3054C	4		62	Voda	Cat
Dynapac	Benzin	GX620k1QYD	2	0,614	13,4	Vzduch	Honda
	Diesel	403D-11	3	1,13	17	Voda	Perkins
	Diesel	D 2011 L02	2	1,55	23	Voda	Deutz
	Diesel	D 2011 L03	3	2,33	34	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	QSB 3.3 T3	4	3,3	60	Voda	Cummins
	Turbo Diesel	TD 2011 L04	4	3,62	60	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	TD 2011 L04	4	3,62	65	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	QSB 4.5 T3	4	4,5	93	Voda	Cummins
	Turbo Diesel	QSB 6.7 T3	4	6,7	160	Voda	Cummins
Hamm	Diesel	3W35	3	1,04	15,7	Voda	HATZ
	Diesel	4 W35T	4	1,38	30,6	Voda	HATZ
	Turbo Diesel	TD 2011 L04	4	3,62	63	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	TD 2012 L04	4	4,04	64	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	TCD 2012 L04	4	4,04	74,9	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	TCD 2012 L04	4	4,04	100	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	TD 2012 L04	4	4,04	100	Voda	Deutz
JCB	Diesel	2 G 40	2	0,997	14,4	Vzduch	HATZ
	Diesel	D 1503	3	1,5	23,5	Vzduch	Kubota
	Diesel	V 2203	4	2,2	34,3	Voda	Kubota
	Turbo Diesel	QSB 3.3 T3	4	3,3	60	Voda	Cummins
Volvo	Diesel	D 722	3	0,75	12,4	Vzduch	Kubota
	Diesel	A 1700	3		24	Voda	Cummins
	Diesel	V 2203	4	2,2	34,3	Voda	Kubota
	Diesel	4B NA Tire2	4	3,9	60	Voda	Cummins
	Turbo Diesel	TD 2011 L04	4	3,62	63	Voda	Deutz
	Turbo Diesel	QSB 4.5 T3	4	4,5	110,4	Voda	Cummins
	Turbo Diesel	QSB 6.7 T3	4	6,7	129	Voda	Cummins

Tab7: Tabulka motorů



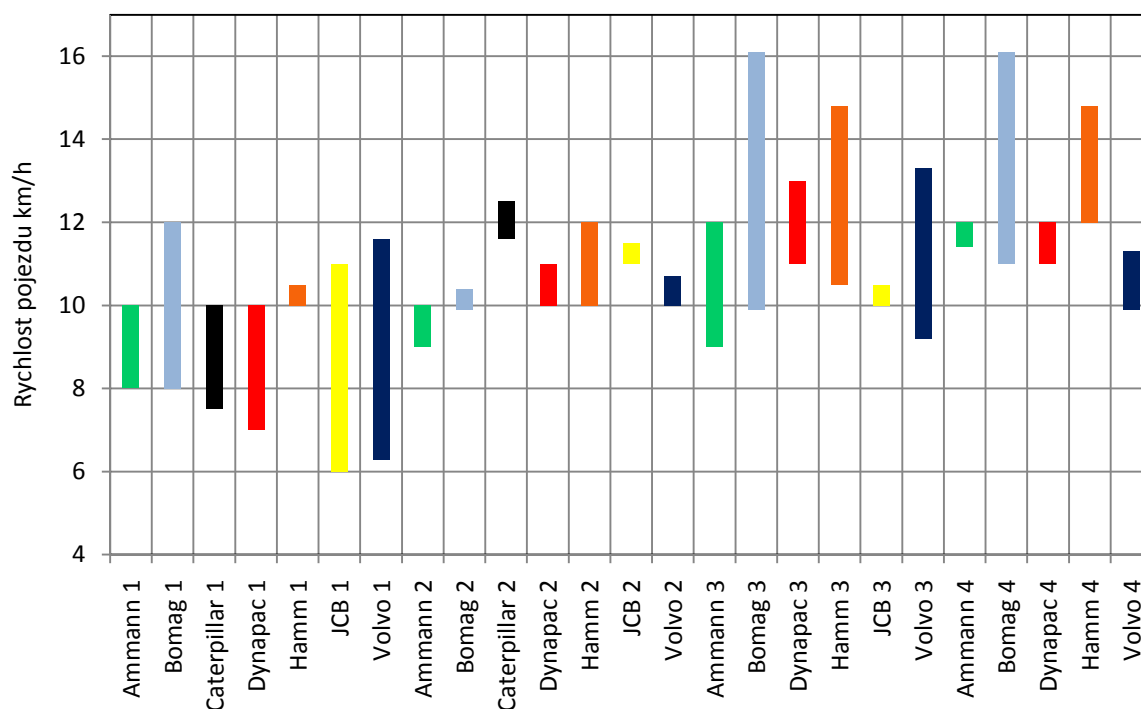
Graf16: Graf popisuje používané výkony motoru pro hmotnostní kategorie strojů



Graf17: Závislosti na hmotnosti strojů

Z grafu vyplývá zcela zřejmá závislost výkonu na hmotnosti stroje. Tendence trhu tlačí výrobce, aby používali moderní motory s ekologičtější a zároveň s menší spotřebou. Díky tomu jsou do strojů montovány stále nové a inovované typy motorů.

Rychlost pojezdu:



Graf18: Rozložení rychlosti válců.

S výkonem motorů přímo závisí rychlost pojezdů. Protože pracovní rychlost je okolo 10 km/h jsou rychlosti válců více než dostatečné a jejich plné využití je možné při přesunu stroje po staveništi.



Obr24: Zobrazení uložení motoru a průchodu chladicího vzduchu v páteřovém rámu firmy Bomag.

4.11. Další řešení

Ostřík běhounu

Běhouny jsou ostříkovány vodou, kuli zabránění přilepování asfaltových směsí na povrch běhounu. Voda je nanášena pomocí řady trysek umístěných nad běhounem. Ze zásobníku je čerpána většinou dvěma čerpadly, kdy jedno může být jako záložní, anebo každé čerpadlo dodává vodu pro jiný běhoun.

Škrabák

Jedná se o lištu čistící povrch běhounu od hrubých nečistot. Lišta je vyrobena z umělohmotných materiálů a přitlačována pomocí pružin. Pokud čistící lišta není potřeba, odklápí se, aby se šetřil její materiál. Plastové části lišt vzhledem ke své výdrži jsou samozřejmě snadno výměnné.

Zarovnávací kotouče

Jedná se o přidavné kotouče vedle běhounu, buď jsou ořezávací, nebo dohutňovací. Ořezávací kotouče oříznou asfaltovou směs těsně vedle běhounu, tím se začistí volně položený kraj anebo se tak připravují kraje na pokládání pásu asfaltu. Dohutňovací kotouč zhutňuje materiál vytlačený mimo pracovní plochu válce. Toho se využívá při válcování v blízkosti překážek např.: obrubníků, stěn atd. Oba kotouče jsou ovládány pomocí hydrauliky a zkrápěny tryskou.



Obr25 Dohutňovací kolečko. [2]



Obr26: Ořezávací kolečko. [2]

Speciální konstrukce pro válcování v blízkosti překážek

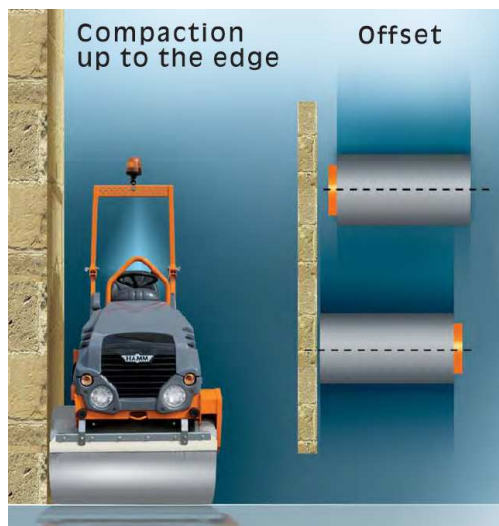
Další možností válcování u stěn je využití válců s uchyceným běhounem na jedné straně. Toto nezvyklé konstrukční řešení vyrábí firma Hamm u válců HD 8 a HD 10C.

Jedná se o malé válce hodící se na dokončovací operace, těžko přístupných míst, nebo na asfaltování malých ploch např.: chodníků. I přes kloubovou konstrukci umí tyto válce krabí chod o přesahu až 50mm. [7]

Další možností válcování u překážek je využití stroje s konickým bubnem, tuto konstrukci vytvořila firma Bomag. Opět je aplikována na malém válci pro dokončovací a drobné práce. [3]



Obr27: Fotografie zobrazující válcování u stěny s konickým bubnem. [3]



Obr28: Schéma práce válce s jednostranným uložením běhounů. [7]

Posýpač

Posýpač je určen k rovnoměrnému vrstvení drceného štěrku. Toto zařízení je určeno pro velké válce kde se montuje na základní rám. Vzhledem ke svým rozměrům omezuje řidiči výhled z kabiny a musí být osazeno přídatnými světly. Samozřejmě je ovládání za jízdy pomocí přídatného ovládacího panelu. Zařízení je stavitelné pro různé velikosti štěrku. Nevýhodou je, že je dost náchylné na vlhkost a případně rozdílnou zrnitost štěrkových částic. Toto zařízení nabízejí firmy Ammann, Bomag, Hamm, Dynapac.



Obr29: Posýpač Bomag. [3]

4. 12. Konstrukce pracoviště

Malé stroje

Pracoviště je tvořeno pevným, nebo do strany posuvným sedadlem. Protože rozměry těchto válců jsou malé, je přehlednost při pracovních operacích dostatečná. Řízení stroje je provedeno volantem, přičemž řízení rychlosti se ovládá joystickem umístěného po pravé straně sedadla. Ostatní ovládací prvky jsou umístěny na palubní desce. Včetně stop-tlačítka které musí být z důvodu bezpečnosti snadno dostupné.



Obr30: Přístrojová deska malého stroje [6]

Společnost Hamm nabízí ve svých všech malých modelech do stran posuvné sedadla. Dalším jejich zajímavým konstrukčním prvkem je uzavírací kryt přístrojové desky, který chrání přístrojovou desku před poškozením. [7]



Obr31: Ochrana přístrojové desky firmy Hamm. [7]

Velké stroje

Pracoviště velkých strojů je tvořeno sedadlem umístěným na konzoly spolu s přístrojovou deskou a všemi ovládacími prvky. Celá konzola je posuvná v příčném směru a zároveň otočná kolem své osy. To konstrukční řešení je nutné pro dobrou viditelnost při řízení v blízkosti překážek.

Společnost Hamm u některých velkých strojů kromě posuvné a otočné konzole využívá k zlepšení viditelnosti vysunutí celé kabiny až o 30cm mimo osu stroje. [7]



Obr32: Konzole ovládání stroje firmy Hamm. [7]



Obr33: Zobrazení variability pracovního prostoru v praxi u stroje firmy Hamm. [7]

Bezpečnost

Z požadavků na bezpečnost provozu a ochrany obsluhy, musejí být ve většině zemí stroje vybaveny systémem ROPS a FOPS. **ROPS** je systém chránící pracovníka při převrácení stroje, **FOPS** je systém chránící pracovníka před padajícími předměty. Oba systémy musejí být přísně testovány v laboratořích. U malých strojů nalezneme pouze systém ROPS tvořen obloukem za místem řidiče. Toto řešení je vzhledem k hmotnosti stroje zcela dostatečné. Místa řidiče jsou vybavena bezpečnostními pásy.

Firma Dynapac u velkých válců využívá systém **Fail Safe**. Jedná se o bezpečnostní spínač umístěný v sedadle řidiče. V případě, že řidič opustí sedadlo, stroj přeruší pracovní operace a zastaví veškeré pohony. [5]

Další prvky kabiny

K zvýšení pohodlí se montuje do uzavřených kabin klimatizace, která zvýší komfort obsluhy za letních dnů, kdy je vysoká teplota umocněna teplotou vyzařující z vychladajícího asfaltu.

Viditelnost ze strojů

Výrobci se snaží o dobrou viditelnost všemi směry. Dobrá viditelnost zlepšuje bezpečnost provozu a orientaci pracovníka v blízkosti překážek. U malých válců je vzhledem k rozměrům viditelnost velmi dobrá. U velkých válců je dle norem minimální viditelnost objektu vysokého 1m ve vzdálenosti 1m před strojem. Výrobci také umožňují vizuální kontrolu povrchu běhounů během pracovního pojezdu. Tento výhled může být omezen přídavným zařízením, jako je posýpač.



Obr34: Viditelnost z malého válce společnosti JCB. [6]

5. Seznam výrobců tandemových válců

5.1. Ammann

www.ammann-group.com

Ammann je předním dodavatelem strojů, systémů a služeb pro odvětví stavebnictví se základní znalostí v asfaltu a výstavby silnic na světě. Společnost byla založena roku 1869. Společnost se rozvíjela a vyrostla ve velkou stabilní společnost. Během let se vybudovala závody ve Švýcarsku, což je země jejího původu, v Německu, Francii, Španělsku, Číně a samozřejmě v České Republice. Přičemž každý ze závodů se specializuje na produkci strojů v jiných odvětvích.

Produkty:

Mezi produkty patří zařízení pro tvorbu a míchání asfaltových a betonových směsí, dopravníky, stroje pro hutnění a menší bagry a bagrové traktory. A další stroje pro zpracování zemin a hornin.

5.2. Bomag

www.bomag.com

Bomag (Boppard Maschinenbau Besellschaft mbH) je Německá společnost založena roku 1957. Již od začátku je hlavní výrobním programem těžká utužovací technika. Postupem času se výroba rozšiřovala do USA a dále zdokonaloval, až roku 1996 jako první přišel bomag se systémem Variomatic, což byl první systém pro automatické řízení amplitudy a frekvence pro zeminy o 4 roky později byl přepracován pro asfaltové povrchy. Roku 2002 byla otevřena výrobní hala v Číně. Roku 2005 se stává členem Fayat Group, nezávislé skupiny zabývající se širokou škálou průmyslu, její hlavní působíště je stavebnictví.

Produkty:

Společnost produkuje veškerou potřebnou techniku pro stavbu pozemních komunikací a jejich renovace. Tudíž kromě hutnících válců, jak pro asfaltové povrchy, tak pro zeminy, produkuje i frézy pro odstranění starých asfaltových vrstev, nebo finišery pro pokládání nových vrstev. Dále také stroje pro míšení vápnitých podkladů a jejich následné urovnání do potřebné roviny. Další podobným výrobkem jsou stroje pro práci na skládkách odpadů a malé utužovací stroje, tedy příkopové válce, vibrační desky apod.

5.3. Caterpillar

www.cat.com

Firma byla založena firma roku 1925 v USA. Do 1940 se firma specializovala pouze na traktory, po té přidala do výrobního programu grejdry a elektrické generátory. Roku 1950 se firma začala aktivně rozšiřovat po Evropě konkrétně ve Velké Británii, Časem se spojila s Mitsubishi Heavy Industries a postavily výrobní halu v Japonsku na stavební a důlní zařízení. Společnost dále spolupracuje s mnoha firmami po celém světě, např. firmou Perkins na výrobu motorů, FG Wilson výroba generátorů a jiné.

Produkty:

Firma je specialistou na stavební strojní techniku, její produktová řada se skládá z více než 300 strojů. Vyrábí nejrůznější stroje nakladače, rypadla, asfaltové frézy a finišery. Firma dodává samozřejmě spoustu příslušenství a nejrůznějších speciálních nástavců pro svoje stroje. Caterpillar samozřejmě nabízí samozřejmě i těžkou hutnící techniku jako tahačové i tandemové válce.

5.4. Dynapac

www.dynapac.com

Původní firma byla založena firma roku 1934, od této doby postavila firma výrobní linky v Brazílii, Číně, Francii, Německu, Indii, USA a samozřejmě původní závod ve Švédsku. Tandemové válce se vyrábějí ve všech závodech kromě Německa a Francie. Válce Dynapac jsou dostupný na 150 trzích po celém světě. Současným vlastníkem společnosti je švédská společnost Atlas Copaco, a to již od roku 2007.

Produkty:

Z počátku Dynapac se specializoval na úpravu betonu, jeho rozložení, setřásání pomocí vibrace, broušení a drcení. Časem se pak do výrobního programu přidaly hutnící zařízení od ručních dusadel až po velké vibrační válce. Také stroje pro úpravu asfaltu finišery a mobilní

podavače asfaltu. Vyrábí tahačové vibrační válce, tandemové vibrační válce, pneumatikou válce, ocelové válce, duplexní válce a příkopové válce.

5.5. JCB

www.jcb.com

Firma JCB byla založena roku 1945. Již od počátku se společnost zabývala výrobou těžkých stavebních a jiných strojů. Během 60 let postavila dalších 15 výrobních závodů na 4 kontinentech. Konkrétně se jedná o závody ve Velké Británii, USA, Kanadě, Indii a Austrálii.

Produkty:

Společnost vyrábí široký sortiment zařízení, tyto stroje pracují v průmyslu, zpracování a recyklaci, stavebnictví a hutnění. Specializací této firmy jsou pouze velké těžké stroje, jako jsou např. zemědělské kolové nakladače, rypadla, sekačky, kompaktní traktory, vysokozdvizné vozíky, pásová rypadla, užitkové vozy a samozřejmě tahačové i tandemové válce. Tandemové válce dělá také v kombinované verzi.

5.6. Hamm

www.hamm.eu

Firma založena roku 1878, od začátku se zabývala strojírenskou výrobou. S výrobou válců společnost začala 1911 do tohoto patřily i parní traktory a podobné stroje.. Od té doby se vyvinula v silnou společnost.

Produkty:

Firma vyrábí velkou řadu nejrůznějších válců pro hutnění zemin i asfaltových směsí. Hlavně tedy tandemové a tahačové válce.

5.7. Volvo

www.volvogroup.com

Společnost založena roku 1830 ve Švédsku, zpočátku se zabývala stavbou parních strojů, traktorů, pracovních strojů a motorů. Volvogroup je skupina společností zahrnující společnosti vyrábějící auta, nákladní tahače, části leteckých motorů a části lodí. Hutnící válce firma vyrábí v rozmezí let 1906-1939 na svoji tradici navázala, až roku 2007 kde obnovila produkci hutnících válců.

Produkty:

V současnosti společnost vyrábí motorové grejdry, kolové nakladače, rypadla, vysokozdvizné vozíky, Frézy a finišery.

6. Závěr

Práce jednoduše shrnuje a popisuje všechny modely tandemových a kombinovaných vibračních válců v celé škále hmotností. Jedná se o současnou modelovou řadu všech významných světových výrobců. Každý rok se konstruktéři snaží zlepšit svoje řešení a přizpůsobit tak stroj požadavkům, které na ně klade doba. Jedním z hlavních požadavků jsou ekonomické faktory, tudíž se do budoucna budou konstruktéři snažit o snížení provozních nákladů. Nejlepší cestou pro docílení tohoto požadavku neustále zdokonalování pohonných jednotek, jejich nahrazování novými úspornějšími a ekologičtějšími modely. To také uspokojí potřebu moderní společnosti o snižování ekologického zatížení životního prostředí. U samotné konstrukce válců je potřeba zdokonalit funkci inteligentního řízení. Ta v současné době je na vysoké úrovni, ale z této technologie ještě není vytěženo maximum.

Tato práce obsahuje mnoho schémat, která usnadňují pochopení dané funkce stroje. Také obsahuje velké množství fotografií a obrázků pro lepší představení konstrukčních řešení a jejich využití. Dále tu je mnoho grafů, které srovnávají parametry jednotlivých skupin strojů a také grafů ze kterých lze odečíst přibližné hodnoty, které lze od strojů očekávat. Na konci práce je zde přiložen aktuální seznam vyráběných strojů, včetně jejich parametrů.

Použitá literatura:

- [1] VANĚK, A. Moderní strojní technika a technologie zemních prací. Praha : Academia, 2003.
- [2] Ammann [online]. 2009 [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.ammann-group.com>>.
- [3] Bomag [online]. 2009 [cit. 2009-05-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.bomag.com>>.
- [4] Caterpillar [online]. 2009 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.cat.com>>.
- [5] Dynapac [online]. 2009 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW:<<http://www.dynapac.com>>.
- [6] JCB [online]. 2009 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.jcb.com>>.
- [7] Hamm AG [online]. 2009 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.hamm.eu>>.
- [8] Volvo [online]. 2009 [cit. 2009-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.volvo.com>>.

Seznam příloh:

Příloha 1.....Kompletní tabulka válců, včetně jejich parametrů.